



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

EFEITO DE TRÊS PROTOCOLOS DE POLIMENTO DE SUPERFÍCIE NA RUGOSIDADE E ESTABILIDADE DE COR DE DIFERENTES TIPOS DE RESINA COMPOSTA

Trabalho submetido por
Ana Filipa Melo de Freitas
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

outubro de 2016



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

EFEITO DE TRÊS PROTOCOLOS DE POLIMENTO DE SUPERFÍCIE NA RUGOSIDADE E ESTABILIDADE DE COR DE DIFERENTES TIPOS DE RESINA COMPOSTA

Trabalho submetido por
Ana Filipa Melo de Freitas
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor José João Baltazar Mendes

outubro de 2016

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor José João Mendes, pela orientação da minha dissertação, pela disponibilidade e rigor. Agradeço os ensinamentos e incentivo que me transmitiu ao longo do meu percurso académico.

Ao Mestre Paulo Monteiro e Dr. João Rua, por todo o empenho, disponibilidade, dedicação e ensinamentos, fundamentais para a realização desta dissertação.

Ao Prof. Doutor Jorge Caldeira, pela disponibilidade, acessibilidade e ajuda imprescindível na utilização do microscópio de força atómica.

Ao Prof. Doutor Luís Proença, pela ajuda na análise estatística dos resultados obtidos na investigação.

Ao Prof. Doutor Mário Polido, pela cedência de materiais e do Laboratório de Biomateriais.

Ao ISCSEM e à Cooperativa Egas Moniz por todos os ensinamentos e formação académica que proporciona aos seus alunos.

Aos meus pais e irmão, pela educação e valores que me transmitiram, pelo apoio incondicional, não só no meu percurso académico como em todos os aspetos ao longo da minha vida, pela paciência e incentivo.

Ao Manel, por todo o amor, paciência, pelo apoio constante e por me incentivar a ser sempre mais e melhor.

Aos meus amigos de infância que sempre me acompanharam e com quem tenho tão boas memórias. E aos meus amigos de curso, em especial aos Sobreviventes e à minha parceira de box, Carolina Salvado, pela partilha e amizade genuína.

RESUMO

Objetivos: Avaliar a rugosidade de superfície de resinas compostas submetidas a diferentes protocolos de polimento e a sua estabilidade de cor, após imersão em solução de café.

Materiais e Métodos: Sessenta discos de compósito foram confeccionados a partir de três resinas compostas (Filtek™ Bulk Fill, Filtek™ Z250 e Fill-Up™). Cada resina composta apresentava um grupo controle apenas com acabamento com broca diamantada (n=5), um grupo com o sistema de polimento Sof-Lex™ Diamond Polishing Spiral (3M™ ESPE™) (n=5), um grupo com o sistema DIATECH® Shape Guard Composite Polishing (Coltène) (n=5) e outro com o sistema DIATECH® Composite Polishing Plus (Coltène), pasta de polimento Intra Oral Diashine® Polishing Compound (VH Technology) aplicada com a escova SHP Soft Bristle Brush (VH Technology) e escova Brushine (Coltène) (n=5). A rugosidade de superfície foi avaliada através do microscópio de força atômica (AFM Workshop TT-AFM). A cor das amostras foi avaliada através do Spectroshade Micro antes e após a imersão das mesmas em solução de café durante 14 dias, em estufa a 37°C.

Resultados: Os valores mais baixos de variação de cor ($8,80 \pm 1,58$) e rugosidade de superfície ($109,23 \pm 90,83$) foram obtidos no polimento com o sistema Composite Polishing Plus, pasta de polimento e escovas. A resina com valores de rugosidade de superfície mais baixos foi a Filtek™ Z250 ($133,56 \pm 72,06$), seguida da Filtek™ Bulk Fill ($135,54 \pm 88,02$), sendo que estas não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p=0,96$). Para valores de rugosidade de superfície mais elevados foi observada uma maior variação de cor ($p=0,65$).

Conclusões: A estabilidade de cor varia de acordo com a resina e protocolo de polimento realizado. A rugosidade de superfície e estabilidade de cor estão associados, sendo que valores mais elevados de rugosidade sugerem uma maior variação de cor das resinas, após imersão em café.

Palavras-chave: Estabilidade de Cor, Polimento, Resinas Compostas, Rugosidade de Superfície.

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the effect of different polishing procedures on resin composites' surface roughness and color stability after immersion in coffee solution.

Materials and Methods: Sixty composite discs were prepared from three composite resins (Filtek™ Bulk Fill, Filtek™ Z250 and Fill-Up™). Each composite had a control group with surface finishing using a diamond bur (n=5), a group polished with the polishing system Sof-Lex™ Diamond Polishing Spiral (3M™ ESPE™) (n=5), a group polished with DIATECH® Shape Guard Composite Polishing (Coltène) system (n=5) and another group with DIATECH® Composite Polishing Plus (Coltène) system, Intra Oral Diashine® Polishing Compound (VH Technology) applied with SHP Soft Bristle Brush (VH Technology) and Brushine brush (Coltène) (n=5). The surface roughness was analyzed with atomic force microscope (AFM Work-shop TT-AFM). The color of all samples was analyzed using Spectroshade Micro before and after immersion in coffee solution for a period of 14 days and kept in an incubator at 37°C.

Results: The lowest color differences ($8,80 \pm 1,58$) and surface roughness ($109,23 \pm 90,83$) values were obtained from the polishing system using Polishing Composite Plus, Polishing Compound and brushes. The resin composite with the lowest surface roughness values was Filtek™ Z250 ($133,56 \pm 72,06$), followed by Filtek™ Bulk Fill ($135,54 \pm 88,02$), although there were no statistically significant differences between them ($p=0,96$). Greater color differences were observed for higher surface roughness values ($p=0,65$).

Conclusions: Color stability depends on the resin composite and polishing procedures. Surface roughness and color stability are correlated and higher surface roughness values suggest greater color differences after immersion in coffee solution.

Key Words: Color Stability, Polishing, Composite Resins, Surface Roughness.

ÍNDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO	11
1. RESINAS COMPOSTAS	11
1.1. COMPOSIÇÃO.....	11
1.1.1. Matriz Orgânica	12
1.1.2. Matriz Inorgânica.....	12
1.1.3. Agente de União	13
1.1.4. Sistema Iniciador-Acelerador	13
1.2. CLASSIFICAÇÃO	15
1.2.1. Classificação de Acordo com o Tamanho de Partículas	15
1.2.2. Classificação de Acordo com a Viscosidade do Material.....	18
1.3. CARACTERÍSTICAS	19
1.3.1. Coeficiente de Expansão Térmica	19
1.3.2. Absorção de Água.....	19
1.3.3. Resistência ao Desgaste	20
1.3.4. Radiopacidade.....	21
1.3.5. Contração de Polimerização	21
1.4. RESINAS BULK-FILL.....	22
1.5. POLIMENTO E ACABAMENTO	23
2. RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE	24
2.1. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE	24
2.1.1. Microscopia de Força Atômica.....	25
3. PIGMENTAÇÃO	25
4. COR.....	26
4.1. PROPRIEDADES ÓTICAS PRIMÁRIAS.....	26
4.1.1. Matiz	26
4.1.2. Valor	26
4.1.3. Croma.....	27
4.2. PROPRIEDADES ÓTICAS SECUNDÁRIAS.....	27
4.2.1. Translucidez.....	27
4.2.2. Fluorescência	28
4.2.3. Opalescência	28

5.	ESTABILIDADE DE COR.....	29
5.1.	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE DE COR.....	29
5.1.1.	Espectrofotômetro.....	29
II.	OBJETIVOS.....	31
1.	HIPÓTESES DE ESTUDO	31
III.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
1.	PROTOCOLO EXPERIMENTAL	33
1.1.	MATERIAIS UTILIZADOS	33
1.2.	MÉTODOS.....	36
1.2.1.	Confeção de Amostras	36
1.2.2.	Avaliação da Rugosidade de Superfície	46
1.2.3.	Avaliação da Estabilidade de Cor.....	47
1.3.	ANÁLISE ESTATÍSTICA	49
IV.	RESULTADOS	51
1.	RESULTADOS DA MEDIÇÃO DA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE	51
1.1.	ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	51
1.2.	COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE.....	53
1.3.	TOPOGRAFIA DE SUPERFÍCIE.....	58
2.	RESULTADOS DA MEDIÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR	71
2.1.	ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	71
2.2.	COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE ESTABILIDADE DE COR	73
2.3.	VARIAÇÃO DE COR DAS AMOSTRAS	78
V.	DISCUSSÃO.....	81
1.	RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE	81
2.	ESTABILIDADE DE COR.....	85
3.	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	88
VI.	CONCLUSÕES.....	89
1.	RELEVÂNCIA CLÍNICA	90
2.	PERSPETIVAS FUTURAS.....	91
VII.	BIBLIOGRAFIA	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Resinas compostas: a) Filtek™ Bulk Fill Posterior Restorative; b) Filtek™ Z250; c) Fill-Up™	33
Figura 2 - a) Molde de confecção das amostras; b) Colocação da resina no molde; c) Compactação da resina no molde; d) Colocação de matriz de acetato sobre a resina....	37
Figura 3 - a) Fotopolimerizador Elipar Deep-Cure-S LED curing-light; b) Radiómetro Model 100 Curing Radiometer.	37
Figura 4 - Fotopolimerização da amostra.	38
Figura 5 - Protocolo de Polimento 1: a) Sof-Lex™ Pre-polishing Spiral; b) Sof-Lex™ Diamond Polishing Spiral.....	39
Figura 6 - Protocolo de Polimento 2: a) Compropol Plus Spiral; b) Composhine Plus Spiral.....	40
Figura 7 - Protocolo de Polimento 3: a) Compropol Plus Cup; b) Composhine Plus Cup; c) Intra Oral Diashine® Polishing Compound aplicado com SHP Soft Bristle Brush; d) Brushine.....	41
Figura 8 - Protocolo de Polimento 4: Broca diamantada grão superfino TDF serie 014.	41
Figura 9 - Resina Filtek™ Bulk Fill: a) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 1; b) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 2; c) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 3.....	42
Figura 10 - Resina Filtek™ Z250: a) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 1; b) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 2; c) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 3.....	43
Figura 11 - Resina Fill-Up™: a) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 1; b) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 2; c) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 3.....	44
Figura 12 - Amostras em solução de café, na estufa.	45
Figura 13 - TT AFM.....	46
Figura 14 - Amostra colocada no disco de metal.	47
Figura 15 - Frasco com amostra, adaptado à base de silicone.....	48

Figura 16 - Frasco com amostra na caixa preta.	48
Figura 17 - Aparelho Spectroshade Micro.	49
Figura 18 - Imagens AFM da resina Filtek™ Bulk Fill com o Protocolo de Polimento 1.	59
Figura 19 - Imagens AFM da resina Filtek™ Bulk Fill com o Protocolo de Polimento 2.	60
Figura 20 - Imagens AFM da resina Filtek™ Bulk Fill com o Protocolo de Polimento 3.	61
Figura 21 - Imagens AFM da resina Filtek™ Bulk Fill com o Protocolo de Polimento 4.	62
Figura 22 - Imagens AFM da resina Filtek™ Z250 com o Protocolo de Polimento 1....	63
Figura 23 - Imagens AFM da resina Filtek™ Z250 com o Protocolo de Polimento 2....	64
Figura 24 - Imagens AFM da resina Filtek™ Z250 com o Protocolo de Polimento 3....	65
Figura 25 - Imagens AFM da resina Filtek™ Z250 com o Protocolo de Polimento 4....	66
Figura 26 - Imagens AFM da resina Fill-Up™ com o Protocolo de Polimento 1.....	67
Figura 27 - Imagens AFM da resina Fill-Up™ com o Protocolo de Polimento 2.....	68
Figura 28 - Imagens AFM da resina Fill-Up™ com o Protocolo de Polimento 3.....	69
Figura 29 - Imagens AFM da resina Fill-Up™ com o Protocolo de Polimento 4.....	70
Figura 30 - Resina Filtek™ Bulk Fill: a) Polimento 1, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; b) Polimento 2, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; c) Polimento 3, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; d) Polimento 4, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão.....	78
Figura 31 - Resina Filtek™ Z250: a) Polimento 1, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; b) Polimento 2, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; c) Polimento 3, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; d) Polimento 4, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão.	79
Figura 32 - Resina Fill-Up™: a) Polimento 1, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; b) Polimento 2, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; c) Polimento 3, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; d) Polimento 4, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão.	79

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Características das resinas compostas utilizadas na investigação.	34
Tabela 2 - Instrumentos de polimento utilizados em cada protocolo de polimento.	35
Tabela 3 - Nomenclatura para os grupos utilizados na investigação.	38
Tabela 4 - Estatística descritiva relativa às resinas compostas.	51
Tabela 5 - Estatística Descritiva relativa aos Protocolos de Polimento.	51
Tabela 6 - Média (MD) da rugosidade de superfície (nm) e respetivo desvio padrão (\pm DP) dos diferentes grupos.	53
Tabela 7 - Médias de rugosidade de superfície das diversas resinas compostas.	54
Tabela 8 - Médias de rugosidade de superfície dos diferentes protocolos de polimento.	55
Tabela 9 - Médias de rugosidade de superfície: Resina Filtek TM Bulk Fill.	55
Tabela 10 - Médias de rugosidade de superfície: Resina Filtek TM Z250.	56
Tabela 11 - Médias de rugosidade de superfície: Resina Fill-Up TM	56
Tabela 12 - Médias de rugosidade de superfície: Polimento 1.	57
Tabela 13 - Médias de rugosidade de superfície: Polimento 2.	57
Tabela 14 - Médias de rugosidade de superfície: Polimento 3.	58
Tabela 15 - Médias de rugosidade de superfície: Polimento 4.	58
Tabela 16 - Estatística descritiva relativa às resinas compostas.	71
Tabela 17 - Estatística Descritiva relativa aos Protocolos de Polimento.	71
Tabela 18 - Média (MD) da variação de cor (ΔE) e respetivo desvio padrão (\pm DP) dos diferentes grupos.	73
Tabela 19 - Médias de variação de cor das diferentes resinas compostas.	74
Tabela 20 - Médias da variação de cor dos diversos protocolos de polimento.	74
Tabela 21 - Médias da variação de cor: Resina Filtek TM Bulk Fill.	75
Tabela 22 - Médias da variação de cor: Filtek TM Z250.	75
Tabela 23 - Médias da variação da cor: Fill-Up TM	76
Tabela 24 - Médias da variação de cor: Polimento 1.	76
Tabela 25 - Médias da variação de cor: Polimento 2.	77
Tabela 26 - Médias da variação de cor: Polimento 3.	77
Tabela 27 - Médias da variação de cor: Polimento 4.	78

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Valores médios da rugosidade de superfície (nm) nas diferentes resinas e protocolos de polimento.	52
Gráfico 2 - Valores médios da rugosidade de superfície (nm) nos diversos protocolos de polimento e resinas.	52
Gráfico 3 - Valores médios da variação da cor (ΔE) nas diferentes resinas e protocolos de polimento.	72
Gráfico 4 - Valores médios da variação da cor (ΔE) nos diversos protocolos de polimento e resinas.	72

LISTA DE ABREVIATURAS

AFM - microscópio de força atômica

AUDMA – uretano dimetacrilato aromático

Bis-EMA – bisfenol A – polietilenoglicol diéter dimetacrilato

Bis-GMA – bisfenol A – diglicidil éter dimetacrilato

CIE – *Commission Internationale de l'Eclairage*

DDDMA – 1,12-dodecanelol dimetacrilato

DP – desvio-padrão

LED – *Light Emitted Diode*

μm - micrómetro

MD - média

mL - mililitro

mm - milímetro

mW/cm² – miliWatts por centímetro quadrado

nm - nanómetro

°C – graus Celsius

Ra – rugosidade aritmética

SPSS – *Statistical Package for the Social Sciences*

TEGMA – trietileno glicol dimetacrilato

TMPTMA – trimetilolpropano trimetacrilato

UDMA – uretano dimetacrilato

UV – ultravioleta

I. INTRODUÇÃO

1. RESINAS COMPOSTAS

As resinas compostas têm sido o material de eleição para restaurações estéticas, uma vez que apresentam resistência adequada, uma boa estética inicial e adesão à estrutura dentária. Estas são um material que se pretende que simule a estrutura dentária na sua cor, translucidez, forma e textura, e que apresente a resistência ao desgaste, adaptação marginal, selamento, insolubilidade e biocompatibilidade adequadas (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013). No entanto, devido às suas características intrínsecas, estas têm tendência a desgaste, pigmentação e contração de polimerização (Schmitt et al., 2011; Falkensammer, Arnetz, Wildburger, & Freudenthaler, 2013).

A utilização das resinas compostas em restaurações posteriores tem vindo a aumentar, uma vez que são o material que melhor preenche os requisitos de preservação de estrutura dentária, estética e durabilidade, apresentando, no entanto, algumas desvantagens como a contração de polimerização e possibilidade de causar sensibilidade pós-operatória.

A adesão das resinas compostas à estrutura dentária permite um melhor selamento das margens da restauração e reforça a estrutura dentária remanescente contra a fratura (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

Um dos grandes objetivos da dentisteria operatória é aumentar o tempo de vida das restaurações dentárias, sendo que o seu sucesso clínico depende da suavidade e brilho da superfície (Antonson, Yazici, Kilinc, Antonson, & Hardigan, 2011).

1.1. COMPOSIÇÃO

As resinas compostas apresentam quatro componentes estruturais, a matriz orgânica, partículas de carga, agente de união e sistema iniciador (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

1.1.1. Matriz Orgânica

A matriz é uma fase contínua onde os outros componentes são adicionados, sendo a maioria das resinas constituída por bisfenol glicidil metacrilato (bis-GMA), noutras este é substituído por uretano dimetacrilato (UDMA), ou utilizado em conjunto. O bisfenol glicidil metacrilato apresenta uma elevada viscosidade, sendo por isso associado a um monómero de baixa viscosidade, como o trietileno glicol dimetacrilato (TEGMA). Atualmente têm sido desenvolvidos monómeros com uma contração de polimerização reduzida, bem como com a incorporação de monómeros adesivos para a criação de resinas compostas autoadesivas (Ferracane, 2011).

A suavidade da restauração, bem como a sua tendência para pigmentação, estão diretamente relacionadas com a matriz orgânica e inorgânica. As matrizes mais hidrofílicas são mais suscetíveis à absorção de água e penetração de pigmento do que as hidrofóbicas (Schmitt et al., 2011).

1.1.2. Matriz Inorgânica

As partículas de carga são, normalmente, vidro radiopaco, óxido de zircónio, óxido de alumínio, zircónio, estrôncio ou dióxido de silício, sendo adicionadas à matriz orgânica com o objetivo de melhorar as propriedades físicas das resinas. Estas melhoram a translucidez e reduzem o coeficiente de expansão térmica e a contração de polimerização, tornando o material mais resistente ao desgaste e mais denso. Normalmente, quanto maior a percentagem de partículas de carga adicionadas (em peso ou volume), melhores as características físicas da resina, no entanto, a partir de determinado limite tornam o material demasiado viscoso para ser utilizado (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013; Anusavice, Shen, & Rawls, 2013).

O tamanho e tipo de matéria inorgânica também influenciam a pigmentação da resina composta.

O tamanho e forma da matéria inorgânica têm vindo a ser alterados, com o objetivo de obter uma maior resistência ao desgaste, melhor estabilidade de cor e maior suavidade de superfície (Schmitt et al., 2011).

Durante a mastigação, o desgaste leva ao deslocamento das partículas de carga, surgindo falhas ao nível da superfície da restauração e expondo a matriz orgânica ao meio oral. As partículas de carga desalojadas, podem provocar maior abrasão à restauração, e quanto maior o tamanho e dureza destas, maior o desgaste e degradação observadas (Schmitt et al., 2011).

1.1.3. Agente de União

O agente de união, um organosilano, permite uma ligação química entre as partículas de carga e a matriz orgânica. Sem este, a coesão seria reduzida, sendo as partículas de carga perdidas e a matriz orgânica exposta, o que resultaria num maior desgaste da resina (Leinfelder & Suzuki, 1999).

1.1.4. Sistema Iniciador-Acelerador

A ativação da reação de polimerização pode ocorrer através da mistura de dois componentes, nas resinas autopolimerizáveis, ou através da exposição de um componente a luz com um determinado comprimento de onda, nas resinas fotopolimerizáveis (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

Nos compósitos autopolimerizáveis, um dos componentes contem o iniciador, normalmente o peróxido de benzoíla, que quando ligado a uma amina, do segundo componente, se divide em dois radicais livres ativos. Estes, por sua vez, são capazes de iniciar a reação de polimerização dos monómeros de metacrilato (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013). Quando os dois componentes se misturam, pode ocorrer a incorporação de poros que enfraquecem a estrutura da resina e que mantêm oxigénio no seu interior, o que inibe a reação de polimerização. As resinas autopolimerizáveis apresentam uma menor estabilidade de cor em relação às resinas fotopolimerizáveis devido à presença de aceleradores de amina aromática que oxidam. No entanto, a tensão marginal de uma restauração de resina autopolimerizável durante a polimerização da mesma é inferior, uma vez que a formação de ligações é mais lenta (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013).

Nas resinas fotopolimerizáveis, é necessário um fotoiniciador para ativar a reação de polimerização, sendo a canforoquinona a molécula mais utilizada (Hilton, Ferracane, &

Broome, 2013). As resinas compostas fotopolimerizáveis iniciam o processo de polimerização através da absorção de radiação com um comprimento de onda entre 400 e 500 nm, que, uma vez ativadas, reagem com a amina alifática, produzindo radicais livres (Abed, Sabry, & Alrobeigy, 2015).

No caso da canforoquinona, a resina deve ser exposta à luz visível, cujo comprimento de onda deve estar entre 460 e 480 nm (luz azul), que é a porção do espectro visível a que este fotoiniciador é mais sensível (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

Algumas resinas apresentam na sua constituição outros fotoiniciadores, como o PPD (1-fenil-1,2-propanodiona), Lucirin TPO (óxido monoacilfosfínico) e Irgacure 819 (óxido bisacilfosfínico), que apresentam uma cor menos amarela que a canforoquinona e, portanto, uma maior estabilidade de cor (Ferracane, 2011).

As resinas fotopolimerizáveis apresentam algumas vantagens em relação às autopolimerizáveis, como o facto de permitir ao operador completar a inserção e contorno da restauração antes de iniciar a polimerização (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013).

As resinas de dupla polimerização combinam a polimerização química com a polimerização através de luz visível, tendo surgido na tentativa de ultrapassar as limitações das resinas fotopolimerizáveis na polimerização em profundidade. Estas resinas são constituídas por dois componentes fotopolimerizáveis, um que contém peróxido de benzoila e outro acelerador de amina terciária aromática. Nestes materiais de dupla polimerização, a autopolimerização ocorre lentamente, podendo depois ser acelerado através da fotopolimerização. As vantagens destas resinas são a possibilidade de utilização em situações em que a penetração da luz não é suficiente, tendo a desvantagem de apresentar menor estabilidade de cor que as resinas fotopolimerizáveis (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013).

No processo de polimerização, o número de ligações de carbono duplas ($C=C$) presentes nos monómeros, são convertidas em ligações simples ($C-C$) para formar as cadeias de polímeros, sendo este o grau de conversão de uma resina. Durante a polimerização dos monómeros, surge uma rede de polímeros, que se torna rígida devido ao aumento da reticulação das cadeias de polímeros (Van Dijken & Pallesen, 2014; Abed et al., 2015).

O grau de conversão depende de diversos fatores como a fonte de luz utilizada, comprimento de onda, tempo de irradiação, tamanho da ponta da luz, método de fototativação, formulação da matriz orgânica, distribuição e quantidade de matriz inorgânica, tipo e quantidade de fotoiniciador e cor da resina composta.

Para aumentar a durabilidade de uma restauração, é importante que grande parte dos monómeros seja convertida em polímeros no processo de polimerização. As propriedades físicas e mecânicas das resinas compostas são influenciadas pelo grau de conversão obtida no processo de polimerização. Um menor grau de conversão confere à resina propriedades mecânicas inferiores e maior pigmentação e degradação da mesma, resultando em restaurações com menor resistência ao desgaste e menor estabilidade de cor.

O polímero dimetacrilato apresenta um produto final com uma quantidade considerável de monómeros insaturados (Abed et al., 2015).

1.2. CLASSIFICAÇÃO

1.2.1. Classificação de Acordo com o Tamanho de Partículas

As resinas compostas podem ser classificadas de acordo com o tamanho das partículas de carga como sendo macroparticuladas (8-12 μ m), microparticuladas (0,04-0,4 μ m), híbridas (0,4-1,0 μ m), nanohíbridas (0,015-0,05 μ m) e nanoparticuladas (0,005-0,01 μ m) (Alawjali & Lui, 2013).

1.2.1.1. Resinas Macroparticuladas

As resinas macroparticuladas foram as primeiras a surgir, sendo o tamanho médio das partículas aproximadamente 8 μ m (Heymann, Swift, & Ritter, 2013).

Estas podem ser utilizadas em áreas de elevada tensão devido às suas propriedades mecânicas (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013).

O tamanho das partículas destas resinas e a dureza das mesmas levam a uma maior

rugosidade de superfície. A matriz orgânica tem um desgaste mais rápido do que as partículas de carga, tornando a superfície ainda mais rugosa. Esta rugosidade de superfície torna a restauração mais suscetível a pigmentação extrínseca (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

As resinas macroparticuladas têm um desgaste inicial nas áreas de contato oclusal superior ao das resinas microparticuladas e híbridas (Heymann, Swift, & Ritter, 2013).

1.2.1.2. Resinas Microparticuladas

As resinas microparticuladas surgiram com o objetivo de substituir as resinas macroparticuladas, de forma a obter uma superfície mais suave e brilhante, mais semelhante ao esmalte.

Estas resinas apresentam partículas de sílica coloidal com um diâmetro médio entre 0,01 e 0,04 μ m, o que resulta numa superfície mais suave e polida, estando a restauração menos suscetível à acumulação de placa bacteriana. Estes compósitos apresentam um conteúdo de partículas inorgânicas entre aproximadamente 35% e 60%, contendo menor percentagem de partículas do que as resinas macroparticuladas ou híbridas. Por esta razão, as propriedades físicas e mecânicas das resinas microparticuladas são inferiores, no entanto a sua resistência ao desgaste é superior.

O módulo de elasticidade destas resinas é mais baixo, o que permite a flexão da restauração aquando da flexão do dente (Heymann, Swift, & Ritter, 2013).

As partículas apresentam um rácio de área para volume elevado, sendo necessária uma elevada quantidade de monómero para cobrir a sua elevada área de superfície.

As resinas microparticuladas absorvem mais água, o que leva a uma menor estabilidade de cor (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

Estas resinas apresentam melhor estética, no entanto devido às suas propriedades físicas, a sua utilização é restrita a áreas de menor tensão mecânica (Barakah & Taher, 2014).

1.2.1.3. Resinas Híbridas

As resinas compostas híbridas foram desenvolvidas de forma a combinar as propriedades físicas e mecânicas favoráveis das resinas macroparticuladas com a suavidade de superfície das microparticuladas.

Estas resinas apresentam uma mistura de micropartículas e pequenas partículas, com um tamanho médio de partículas entre 0,4 e 1µm (Heymann, Swift, & Ritter, 2013). Esta combinação de partículas permite elevados níveis de preenchimento da resina, o que leva a melhores propriedades mecânicas comparativamente às resinas microparticuladas. Estas podem ser polidas até um brilho bastante elevado, mas não tanto como as resinas microparticuladas.

Estas resinas são uma combinação entre as resinas convencionais e microparticuladas, podendo ser utilizadas em restaurações de dentes anteriores e posteriores. O elevado conteúdo em partículas aumenta a resistência do material à pigmentação intrínseca (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

1.2.1.4. Resinas Nanoparticuladas e Nanohíbridas

Mais recentemente surgiram as resinas nanoparticuladas, com o objetivo de obter uma resina com elevada concentração de nanopartículas para melhorar as propriedades mecânicas, de polimento e manipulação da resina (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

As resinas nanoparticuladas combinam a maior resistência mecânica das resinas híbridas e as propriedades estéticas superiores das resinas microparticuladas (Barakah & Taher, 2014).

Estas resinas apresentam partículas com diâmetro entre 0,005 e 0,01µm e também de aglomerados de nanopartículas (Heymann, Swift, & Ritter, 2013).

A rugosidade de superfície das resinas nanoparticuladas é semelhante à das resinas microparticuladas, sendo que a rugosidade de superfície é menor depois do polimento (Barakah & Taher, 2014).

As resinas nanohíbridas surgem da adição de nanopartículas às resinas microhíbridas, o que leva a melhores propriedades físicas e mecânicas, e estética, podendo ser utilizadas

em restaurações de dentes anteriores e posteriores (Heymann, Swift, & Ritter, 2013). Estas resinas apresentam nanopartículas orgânicas pré-polimerizadas combinadas com nanopartículas dispersas em monómeros (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013).

1.2.2. Classificação de Acordo com a Viscosidade do Material

1.2.2.1. Resinas *Packable*

As resinas *packable* apresentam elevada viscosidade e foram desenvolvidas com o objetivo de facilitar a execução do ponto de contacto de uma restauração e ter características de manipulação semelhantes às da amálgama. A sua consistência deve-se à modificação do tamanho das partículas de carga, ou por adição de outros tipos de partículas, como fibras. A elevada viscosidade destas resinas torna mais difícil de obter uma boa adaptação marginal da restauração (Heymann, Swift, & Ritter, 2013).

1.2.2.2. Resinas *Flowable*

As resinas *flowable* apresentam baixo módulo de elasticidade, conteúdo de partículas de carga inferior e, consequentemente, propriedades físicas e resistência ao desgaste inferiores, bem como maior contração de polimerização. Estas podem apresentar agentes modificadores, como surfactantes, que aumentam a fluidez evitando uma grande redução no conteúdo em partículas de carga (Ferracane, 2011).

Estas resinas são indicadas pelos fabricantes para uso em pequenas restaurações classe I, selantes de fossas e fissuras, como materiais reparadores de margens ou como incremento colocado por baixo de uma resina composta de restaurações posteriores (Heymann, Swift, & Ritter, 2013).

1.3. CARACTERÍSTICAS

1.3.1. Coeficiente de Expansão Térmica

O coeficiente de expansão térmica é uma medida da alteração dimensional de um material por unidade de temperatura. Quanto mais próximo o coeficiente de expansão térmica de um material restaurador do coeficiente de expansão térmica do esmalte, menor a probabilidade de formação de poros ou falhas na junção do material com o dente, quando ocorrem alterações de temperatura (Heymann, Swift, & Ritter, 2013).

As resinas compostas apresentam um coeficiente de expansão térmica entre duas a seis vezes mais elevado do que a estrutura dentária, ou seja, estas expandem e contraem mais e numa taxa mais elevada do que a estrutura dentária, em resposta a alterações da temperatura. Estas variações podem levar a perda de adesão, microinfiltração e poros ou falhas na junção do material com o dente (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

Estes possíveis efeitos negativos resultantes das diferenças de coeficiente de expansão térmica entre a resina composta e a estrutura dentária, podem ser reduzidos através da adesão do compósito (Heymann, Swift, & Ritter, 2013).

1.3.2. Absorção de Água

A absorção de água corresponde à quantidade de água que o material absorve ao longo do tempo por unidade de volume ou área de superfície (Heymann, Swift, & Ritter, 2013). A água é absorvida preferencialmente pela matriz orgânica da resina, sendo que quanto maior o conteúdo de matriz orgânica, maior a absorção de água (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

Esta é considerada uma propriedade determinante no sucesso de um material restaurador, uma vez que tem um efeito negativo na estabilidade hidrolítica deste, levando à pigmentação, deterioração das propriedades mecânicas, menor resistência ao desgaste e degradação hidrolítica da resina composta. Esta propriedade contribui para a expansão higroscópica da resina composta e, conseqüentemente, para a tensão

higroscópica, que pode levar à formação de falhas na restauração (Alshali, Salim, Satterthwaite, & Silikas, 2015).

As resinas compostas que apresentem polimerização incompleta absorvem maior quantidade de água e sofrem maior degradação hidrolítica (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

1.3.3. Resistência ao Desgaste

O desgaste das resinas compostas resulta de uma combinação de danos químicos e mecânicos, estando relacionada com fatores clínicos e do material.

As resinas compostas estão submetidas a dois diferentes mecanismos, a abrasão e atrição. A abrasão corresponde ao desgaste que ocorre em toda a superfície da restauração, como resultado da ação abrasiva de partículas durante a mastigação. A atrição é a perda de material que ocorre devido ao contacto direto com a superfície do dente oponente, surgindo nas áreas de contacto oclusal da restauração (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

O desgaste depende também do tipo de partículas de carga, do seu tamanho e distribuição. As resinas compostas que apresentam menor percentagem de partículas de carga (inferior a 60% do volume) têm maior desgaste (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

À medida que a média do tamanho das partículas de carga diminuem (abaixo de 1 μm), a taxa de desgaste tende a ser linear ao longo do tempo, enquanto em compósitos com partículas maiores, existe um maior desgaste inicialmente que se torna mais lento ao longo do tempo (Opdam, Loomans, Roeters, & Bronkhorst, 2004).

Em termos clínicos, os fatores que influenciam o desgaste são o tamanho da restauração, a sua localização e o grau de conversão da resina composta. O aumento da área de superfície e margens leva a uma maior exposição às forças oclusais, resultando num maior desgaste. Quanto mais posterior for o dente em que se encontra a restauração, maiores serão as forças oclusais e mais rápido será o desgaste da mesma. Quanto menor o grau de conversão da resina composta, maior será o desgaste desta (Opdam, Bronkhorst, Roeters, & Loomans, 2007; Palaniappan et al., 2011).

1.3.4. Radiopacidade

Os materiais restauradores devem apresentar radiopacidade de forma que o clínico possa avaliar os contornos e a adaptação marginal da restauração, bem como detetar lesões de cárie secundária. A maior parte das resinas compostas apresenta partículas radiopacas, como o vidro de bário, que as tornam radiopacas.

Estudos têm demonstrado que a deteção de falhas e lesões de cárie adjacentes a restaurações é melhorada quando a radiopacidade do material restaurador é igual ou ligeiramente superior à do esmalte (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

1.3.5. Contração de Polimerização

As resinas compostas apresentam algumas características indesejáveis, que podem influenciar o sucesso a longo-prazo da restauração, como a contração de polimerização.

A contração volumétrica durante a polimerização é, normalmente, entre 1,5 a 5,0%, surgindo quando a resina composta é aderida à preparação cavitária, e se gera nesta uma tensão interna que leva a tensão na interface entre o dente e a restauração, podendo levar a defeitos ao nível das margens.

A contração de polimerização ocorre independentemente do sistema utilizado para iniciar a reação, ou seja, tanto nas resinas autopolimerizáveis como fotopolimerizáveis.

No caso das resinas autopolimerizáveis, a polimerização é mais lenta, sendo a tensão criada pela contração também mais lenta o que permite um maior escoamento do material durante a polimerização.

A contração que ocorre numa fase inicial da polimerização, em que a resina composta se encontra mais fluida, é aliviada devido à deformação e escoamento do material.

Na fase de contração pós-gel, quando a resina já adquiriu maior rigidez, a contração manifesta-se como uma tensão na resina composta e nas paredes da cavidade, o que pode resultar em defeitos ao nível da sua interface, redução da adesão ao dente, maior fragilidade do material, fraturas de esmalte ou de cúspides. A formação de fendas ao nível das margens cavosuperficiais aumenta o potencial de sensibilidade pós-operatória, microinfiltração, pigmentação das margens e cáries secundárias. A contração de

polimerização está dependente de fatores como os monómeros envolvidos, fator-C da cavidade, módulo de elasticidade da resina composta, técnica de polimerização e grau de conversão (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

Para minimizar a tensão na interface da restauração, surgem técnicas como a técnica incremental, para a diminuição do fator de configuração, técnica de polimerização com intensidade de luz de polimerização de início atenuado e a colocação de camadas intermédias para a absorção de tensão (Van Dijken & Pallesen, 2014).

A técnica incremental tem como objetivo atingir um elevado grau de conversão de monómeros em polímeros através da fotopolimerização em profundidade do incremento de resina composta (Papadogiannis, Tolidis, Gerasimou, Lakes, & Papadogiannis, 2015).

O fator de configuração (fator-C) de uma restauração é definido como o rácio da área de superfícies aderidas para a área de superfícies não-aderidas. Este influencia a intensidade da tensão produzida durante a polimerização, sendo que preparações com um fator-C elevado levam a uma maior tensão causada pela contração de polimerização comparativamente a preparações com um baixo fator-C (Manhart, Chen, Mehl, Weber, & Hickel, 2001).

Para prevenir falhas clínicas, tem sido utilizada a técnica incremental, em que a espessura máxima dos incrementos que permite uma penetração de luz e polimerização adequadas foi definida como 2 mm. Quando os incrementos apresentam uma maior espessura, a resina composta pode não polimerizar suficientemente nas zonas mais profundas, havendo um menor grau de conversão da resina composta, o que influencia as propriedades físicas, mecânicas e biocompatibilidade.

A técnica incremental torna o procedimento mais lento e há uma maior possibilidade de formar poros, aumentando o risco de falha (Van Dijken & Pallesen, 2014).

1.4. RESINAS BULK-FILL

As resinas compostas têm sido vastamente utilizadas na Medicina Dentária, esperando-se que apresentem propriedades mecânicas semelhantes ao esmalte e dentina, e que

sejam duradouras. No entanto, diversos fatores influenciam estas características das resinas compostas, nomeadamente a profundidade de polimerização e grau de conversão. A técnica incremental, com uma espessura máxima de 2 mm por incremento, foi introduzida devido à polimerização insuficiente em profundidade, sendo uma técnica mais demorada e que aumenta a probabilidade de inclusão de bolhas de ar ou contaminação entre incrementos (Abed et al., 2015).

Recentemente foi introduzido um novo grupo de resinas compostas, as resinas *bulk-fill*, que podem ser utilizadas em camadas de 4 mm de espessura e polimerizadas de uma só vez. Nestas resinas, há uma diminuição da contração de polimerização, dos problemas associados a esta, da desadaptação da restauração à cavidade e o procedimento torna-se mais rápido e simplificado. Este novo grupo inclui compósitos fluidos e de elevada viscosidade (Leprince et al., 2014; Abed et al., 2015).

Estas resinas podem ser utilizadas para preencher a cavidade desde a base até ao topo, ou como material de base, requerendo uma camada de compósito convencional com uma espessura de 1,5 a 2 mm por cima, para terminar a restauração (Papadogiannis et al., 2015).

O aumento da profundidade de fotopolimerização associada às resinas *bulk-fill* resulta de uma maior translucidez, que permite uma maior transmissão de luz, e de ajustes nos fotoiniciadores, tendo sido introduzidos fotoiniciadores mais reativos que a canforoquinona. A menor tensão causada pela contração de polimerização está relacionada com alterações no conteúdo das partículas de carga, através da introdução de partículas de pré-polímeros e de fibra de vidro, e matéria orgânica (Leprince et al., 2014; Fronza et al., 2015; Rosatto et al., 2015).

1.5. POLIMENTO E ACABAMENTO

O acabamento refere-se ao processo de adaptação do material restaurador ao dente, enquanto o polimento corresponde à remoção de irregularidades da superfície com o objetivo de obter uma superfície o mais suave possível (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013).

Quando o acabamento e polimento de superfície não são adequados, podem surgir problemas clínicos como uma maior retenção mecânica de placa bacteriana, inflamação do tecido gengival, recorrência de cárie, alteração de cor e perda de brilho da restauração (Aykent et al., 2010; Alawjali & Lui, 2013). Uma maior rugosidade de superfície pode então afetar a estética da restauração (Lu, Roeder, Lei, & Powers, 2005).

O tipo de material e a sua composição não são os únicos fatores que influenciam a manutenção da suavidade da superfície de uma resina composta, esta também depende dos procedimentos de acabamento e polimento (Schmitt et al., 2011). Estes procedimentos irão tornar a superfície mais resistente ao desgaste e esteticamente mais estável (Alawjali & Lui, 2013). A textura da superfície de uma restauração influencia a acumulação de placa, pigmentação, desgaste e estética, sendo o acabamento e polimento procedimentos que potenciam a sua estética e longevidade (Barakah & Taher, 2014). Os procedimentos de acabamento e polimento incluem a utilização de instrumentos sequencialmente menos abrasivos, nos sistemas *multi-step*, em que se utilizam brocas diamantadas, brocas de carbetto de tungsténio, pedras, espirais e discos flexíveis de poliuretano impregnados com óxido de alumínio, pastas de polimento, borrachas e escovas. Nos sistemas *one-step*, utiliza-se apenas um instrumento, como taças diamantadas, espirais, discos de óxido de alumínio ou silício, borrachas de silicone abrasivo ou polimento diamantado e escovas de carbetto de silício, o que permite uma redução de passos e de tempo clínico dispensado (Schmitt et al., 2011; Alawjali & Lui, 2013; Barakah & Taher, 2014).

2. RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE

2.1. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE

A rugosidade de superfície de um determinado material pode ser avaliada através de métodos qualitativos, como o caso da microscopia ótica e eletrónica de varrimento, e métodos quantitativos, de medição do perfil de superfície (Kakaboura, Fragouli, Rahiotis, & Silikas, 2007).

A microscopia ótica tem a limitação de fornecer uma imagem a duas dimensões. Na microscopia de varrimento por sonda, como os profilômetros, microscopia de tunelamento e microscopia de força atômica, a sonda varre a amostra e transmite a informação a um computador que processa os dados (Alvarez & Siqueiros, 2010).

Um dos parâmetros mais frequentemente utilizados para descrever a rugosidade de uma superfície é a rugosidade aritmética (Ra), que corresponde à média das rugosidades (El Feninat, Elouatik, Ellis, Sacher, & Stangel, 2001).

2.1.1. Microscopia de Força Atômica

O microscópio de força atômica permite uma caracterização quantitativa da rugosidade de superfície numa resolução nanométrica (Salerno, Giacomelli, Derchi, Patra, & Diaspro, 2010). Essa caracterização quantitativa traduz-se em valores numéricos de rugosidade de superfície, sendo o microscópio de força atômica também fornece dados qualitativos, através da imagem da superfície a três dimensões (Alves et al., 2013).

No microscópio de força atômica, o transdutor piezoelétrico faz com que a ponta se desloque sobre a superfície da amostra, por sua vez, o transdutor de força mede a força entre a ponta e a superfície, informação que é transmitida de volta ao transdutor piezoelétrico, de forma que a força da ponta sobre a amostra se mantenha constante (Eaton & West, 2010). No microscópio de força atômica a ponta interage fisicamente com a amostra, construindo um mapa de alturas da superfície da mesma, no entanto, esta interação é muito reduzida, não danificando a superfície da amostra (Meli, 2002).

3. PIGMENTAÇÃO

Uma das principais razões para a substituição de restaurações a resina composta é a pigmentação da mesma, que pode ocorrer devido a fatores intrínsecos ou extrínsecos. Os fatores intrínsecos estão associados ao próprio material, variando de acordo com a matriz e carga inorgânica, bem como das reações físico-químicas no interior do corpo da restauração, como processos de oxidação ou hidrólise da matriz orgânica (Schmitt et al., 2011; Alawjali & Lui, 2013; Barakah & Taher, 2014).

A pigmentação extrínseca surge devido à acumulação de biofilme ou pela penetração e reação de agentes de coloração, de fontes exógenas como bebidas, alimentos ou tabaco na superfície da resina, que causam diferentes graus de pigmentação (Schmitt et al., 2011; Alawjali & Lui, 2013; Barakah & Taher, 2014).

A rugosidade de superfície de uma resina composta é a propriedade que mais contribui para a pigmentação extrínseca de uma restauração. Esta propriedade está relacionada com a matriz orgânica e composição da carga inorgânica da resina composta, e procedimentos de acabamento e polimento. Quando a rugosidade de superfície é superior a 0,2 μm existe maior tendência para acumulação de biofilme, que leva à pigmentação da restauração e margem da mesma (Schmitt et al., 2011).

4. COR

4.1. PROPRIEDADES ÓTICAS PRIMÁRIAS

Segundo Munsell, a cor é constituída por três conceitos principais, matiz, valor e croma (Fondriest, 2003).

4.1.1. Matiz

O matiz corresponde à banda de comprimento de onda do espectro visível que traduz a cor percebida, sendo que este permite distinguir as diferentes famílias de cores dominantes. Em Dentisteria, o matiz é representado pelas letras A, B, C e D na escala VITA (VITA Zahnfabrik™ - Sackingen, Germany) (Fondriest, 2003; Park, Lee, & Lim, 2003).

4.1.2. Valor

O valor, ou brilho, corresponde à quantidade de luz refletida por um objeto. Munsell descreveu o valor como uma escala de cinzentos, desde o branco ao preto, sendo que os objetos claros, com valor mais alto, possuem menor quantidade de cinzento que objetos

com um valor mais baixo. Os objetos com um valor mais baixo são mais escuros devido à maior quantidade de cinzento, e nestes há menos luz refletida pelo objeto iluminado e mais luz absorvida, dispersa ou transmitida através do objeto. O brilho das restaurações pode ser aumentado através da diminuição do croma ou do aumento da refletividade da superfície do objeto (Fondriest, 2003; Park et al., 2003).

4.1.3. Croma

O croma corresponde à saturação, intensidade ou força do matiz. Quando existe um aumento do croma, aumenta a intensidade, e cor fica mais escura, ou seja, há uma diminuição do seu valor. Desta forma, o croma e valor são características inversamente relacionadas. Em dentisteria, na escala VITA (VITA Zahnfabrik™ - Sackingen, Germany) os números maiores correspondem a um aumento do croma da cor (Fondriest, 2003; Park et al., 2003).

4.2. PROPRIEDADES ÓTICAS SECUNDÁRIAS

O esmalte e dentina apresentam propriedades óticas diferentes, sendo que as variações no grau de translucidez, fluorescência e opalescência influenciam a manifestação das cores destes tecidos dentários (Lee & Powers, 2007).

Os materiais restauradores devem ter propriedades semelhantes às da estrutura dentária, de forma a mimetizar os fenómenos de reflexão e refração da luz, opalescência e fluorescência (Lee, Lu, & Powers, 2005).

4.2.1. Translucidez

A translucidez corresponde à propriedade de um objeto que pode ser expressa como a quantidade relativa de luz que atravessa a sua espessura (Joiner, 2004).

Quando um objeto é opaco, o valor de translucidez é nulo, e quando este é mais translúcido, parte da luz é absorvida e parte atravessa o objeto. A passagem de luz

através de um objeto depende da sua espessura e do plano de fundo (Lee, 2007; Yu & Lee, 2008).

No esmalte, o coeficiente de transmissão depende do comprimento de onda da luz incidente, sendo que uma correta fonte de luz durante o processo de seleção de cor é fundamental. A translucidez é, também, influenciada pela hidratação do dente (Joiner, 2004).

4.2.2. Fluorescência

A fluorescência corresponde à capacidade de um objeto absorver luz ultravioleta e emitir uma luz visível azul, com comprimento de onda entre os 440 e os 485 nm. Os dentes naturais possuem fluorescência, na qual a radiação ultravioleta (UV) é absorvida e uma luz azulada é emitida, sendo que este fenômeno surge principalmente a nível incisal dos dentes anteriores. Por este motivo, esta propriedade é de grande importância para mimetizar a estrutura dentária (Yu & Lee, 2008).

4.2.3. Opalescência

Quando a luz branca (que abrange todo o espectro visível) incide na superfície exterior de um objeto, a sua radiação pode ser absorvida, refletida (de forma difusa ou especular), ou transmitida através do objeto. A opalescência corresponde ao efeito causado pela luz transmitida através do material, ou seja, que atravessa o material (Fondriest, 2003).

A opalescência nas resinas compostas é alcançada através da diferença dos índices de refração entre a matriz orgânica e carga inorgânica dispersa. Para aumentar a opalescência de uma resina, deve estar presente uma ou mais fases inorgânicas entre os 380 nm e os 500 nm; existir uma elevada diferença de índices de refração entre a matriz e a fase inorgânica; e uma ou mais fases da carga inorgânica com alto grau de dispersão (Lee et al., 2005).

5. ESTABILIDADE DE COR

5.1. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE DE COR

Na prática clínica a escolha da cor pode ser realizada através do método visual, recorrendo a escalas de cor standardizadas, no entanto este método é subjetivo. Existem dispositivos eletrónicos que determinam a cor de um objeto eliminando os parâmetros subjetivos associados ao método visual, como a sensibilidade do operador, condições de luz do meio ambiente envolvente, translucidez e tipo de superfície do objeto (Lehmann, Igiel, Schmidtman, & Scheller, 2010). Podem ser utilizados dispositivos como colorímetros, espectrofotómetros, espectro-radiómetros ou a combinação destes. Os mais utilizados são o espectrofotómetro e colorímetro, sendo que o espectrofotómetro avalia a intensidade da luz refletida em todos os comprimentos de onda do espectro visível, enquanto o colorímetro avalia nos comprimentos de onda correspondentes ao espectro vermelho, verde e azul. Estes dispositivos avaliam a quantidade e composição espectral da luz que é refletida pela superfície do objeto. Os resultados destes dispositivos podem ser expressos através do sistema CIE $L^*a^*b^*$, que é utilizado para deteção de todas as cores na gama do espectro visível através de três coordenadas. A coordenada L^* avalia o valor da cor, a coordenada a^* , que representa o verde, quando apresenta valores negativos, e o vermelho quando a^* é positivo, e a coordenada b^* , que corresponde a azul, quando b^* é negativo e amarelo, no caso de ser positivo (Lagouvardos, Fougia, Diamantopoulou, & Gregory, 2009).

Delta E (ΔE) refere-se à diferença de cor entre dois objetos, podendo ser utilizado para medir a alteração de cor de um objeto. Os valores de ΔE podem ser utilizados para representar as alterações de cor de uma resina composta (Schmitt et al., 2011). Para valores de ΔE iguais ou superiores a 3,3, a alteração de cor é considerada visualmente perceptível e clinicamente inaceitável (Gönülol & Yilmaz, 2012).

5.1.1. Espectrofotómetro

Em Medicina Dentária, os espectrofotómetros utilizados como meio de deteção de cor apresentam uma base de dados incorporada que associa a cor detetada a cores

preestabelecidas pelas escalas de cor comerciais (Dozic, Voit, Zwartser, Khashayar, & Aartman, 2010).

O Spectroshade Micro Optic apresenta, também, sistemas de avaliação de cor mais pormenorizados, como o sistema CIE L*a*b*, que determinam a cor exata do objeto avaliado (Dozic et al., 2010). Este apresenta um sistema de câmara digital com tecnologia espectrofotométrica de LED. Segundo estudos, o Spectroshade apresenta uma fiabilidade *in vitro* de 96,9% e precisão de 80,2% (Kim-Pusateri, Brewer, Davis, & Wee, 2009).

II. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é avaliar a rugosidade de superfície de diferentes resinas compostas submetidas a três protocolos de polimento de superfície, e a estabilidade de cor após imersão em solução de café.

1. HIPÓTESES DE ESTUDO

Hipótese nula: Não se verificam diferenças significativas na rugosidade de superfície e estabilidade de cor das diversas resinas compostas submetidas aos três protocolos de polimento.

Hipótese alternativa: Verificam-se diferenças significativas na rugosidade de superfície e estabilidade de cor das diversas resinas compostas submetidas aos três protocolos de polimento.

Efeito de três protocolos de polimento de superfície na rugosidade e estabilidade de cor de diferentes tipos de resina composta

III. MATERIAIS E MÉTODOS

1. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Na presente investigação foi avaliada a rugosidade de superfície e estabilidade de cor após imersão em solução de café, das resinas compostas Filtek™ Bulk Fill Posterior Restorative (3M™ ESPE™, St. Paul, MN, USA), Filtek™ Z250 (3M™ ESPE™, St. Paul, MN, USA) e Fill-Up™ (Coltène-Whaledent, Altstätten, Switzerland), submetidas a três protocolos de polimento diferentes. Foram criados 12 grupos, de acordo com os três protocolos de polimento para cada uma das três resinas, existindo um grupo controle para cada uma delas, em que as amostras foram submetidas apenas a acabamento.

1.1. MATERIAIS UTILIZADOS

1. Placa de vidro
2. Tesoura esterilizada
3. Pinça esterilizada
4. Condensador metálico esterilizado (Asa Dental, Bozzono, Italy)
5. Espátula angulada esterilizada (Asa Dental, Bozzono, Italy)
6. Espátula reta esterilizada (Asa Dental, Bozzono. Italy)
7. Resinas compostas (Figura 1; Tabela 1):

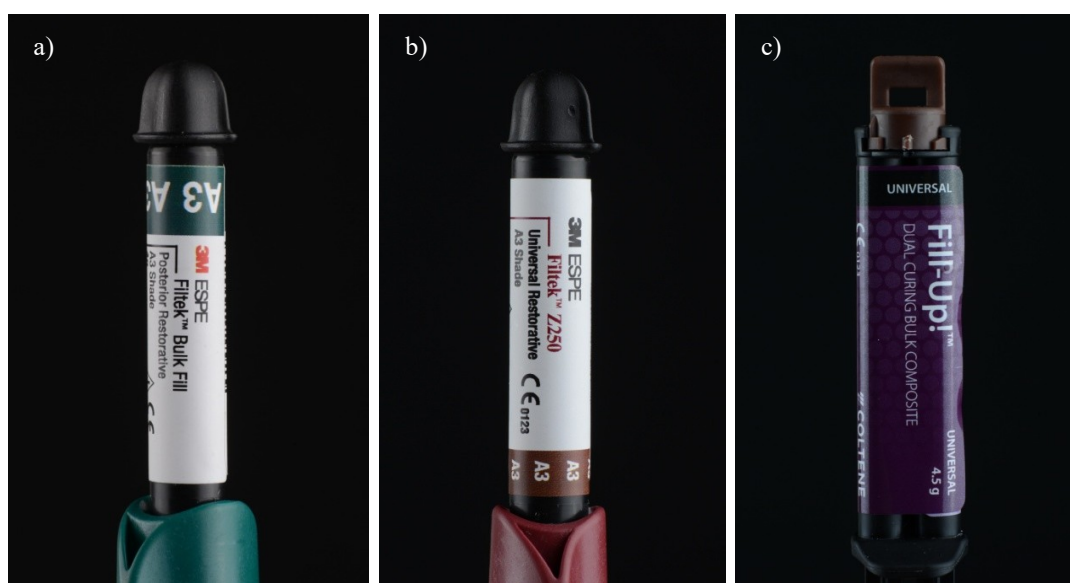


Figura 1 - Resinas compostas: a) Filtek™ Bulk Fill Posterior Restorative; b) Filtek™ Z250; c) Fill-Up™.

Tabela 1 - Características das resinas compostas utilizadas na investigação.

	Filtek™ Bulk Fill Posterior Restorative	Filtek™ Z250	Fill-Up™
Matriz Orgânica	UDMA AUDMA ERGP-DMA DDDMA	UDMA Bis-EMA Bis-GMA TEGMA	TMPTMA UDMA Bis-GMA TEGMA
Matriz Inorgânica	Nanopartículas de sílica (20 nm), nanopartículas de zircónia (4-11 nm) e aglomerados de triflureto de itérbio (100 nm)	Partículas de zircónia e sílica (0,01- 3,5 µm)	Partículas de sílica (0,1- 5 µm) e partículas de vidro
Volume das partículas inorgânicas	58,4%	60%	49%
Cor	A3	A3	Universal (A2-A3)
Fornecedor	3M™ ESPE™, St. Paul, MN, USA	3M™ ESPE™, St. Paul, MN, USA	Coltène-Whaledent, Altstätten, Switzerland
Lote	N726218	N726150	G14043
Modo de utilização	Resina fotopolimerizável. Aplicação de incremento de espessura de 4 mm e fotopolimerizar 40 segundos.	Resina fotopolimerizável. Aplicação em incrementos de espessura máxima de 2,5 mm e fotopolimerizar 20 segundos.	Resina de dupla polimerização. Aplicação de incremento de qualquer espessura e fotopolimerizar 10 segundos.

8. Matriz de acetato recortada a partir de folha A4 de acetato
9. Molde em aço inoxidável para confeção de amostras
10. 12 caixas de Petri
11. 12 tubos Falcon de 50 mL

12. Sistemas de polimento (Tabela 2):

Tabela 2 - Instrumentos de polimento utilizados em cada protocolo de polimento.

	Material	Fornecedor	Procedimento
Protocolo de polimento 1	Sof-lex TM pre-polishing spiral (amarelo) Lote: N508797	3M TM ESPE TM , St. Paul, MN, USA	Polimento com espiral de pré-polimento revestida com óxido de alumínio, seguido de polimento com espiral de polimento diamantada.
	Sof-lex TM Diamond Polishing Spiral (rosa) Lote: N782180	3M TM ESPE TM , St. Paul, MN, USA	
Protocolo de polimento 2	DIATECH [®] Shape Guard Composite Polishing Plus Kit Lote: G97378	Coltène-Whaledent, Altstätten, Switzerland	Polimento com espiral diamantada de pré-polimento rosa Comprepul Plus (23SG14RA) seguida de espiral diamantada de polimento azul Composhine Plus (24SG14RA).
Protocolo de polimento 3	DIATECH [®] Composite Polishing Plus Lote: G84512	Coltène-Whaledent, Altstätten, Switzerland	Polimento com taça de pré-polimento diamantada rosa (2311RA) seguido de taça de polimento diamantada azul (2411RA). Pasta de polimento diamantada Intra Oral Diashine aplicada com escova de pêlo de cabra SHP Soft Bristle Brush. Escova impregnada com partículas abrasivas de carvão de silício Brushine.
	Intra Oral Diashine [®] polishing compound	VH Technology, Seattle, WA, USA	
	SHP Soft Bristle Brush	VH Technology, Seattle, WA, USA	
	Brushine	Coltène-Whaledent, Altstätten, Switzerland	
Protocolo de polimento 4 (controle)	TDF serie 014 Broca diamantada grão superfino Lote: 97529	NTI-Kahla GmbH, Kahla, Germany	Acabamento de superfície com broca diamantada TDF serie.

13. Fotopolimerizador Elipar Deep-cure-S LED curing-light (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)
14. Radiômetro “Model 100 Curing Radiometer” (Demetron Research Corporation, Dunbury, USA)
15. Turbina DPS Line M4 Midwest (DPS010130140), Contra-ângulo DPS Line M4 (DPS060160150) e peça de mão DPS Line M4, N° de série 130475 (KMD, Bilbao- Vizcaya, Spain).
16. Microscópio de Força Atômica TT- AFM (The AFM Workshop, Califórnia, EUA)
17. Spectroshade Micro Optic, Software Version 2.40 (MHT S.p.A., Arbizzano di Negar, Itália)
18. Café Nescafé Clássico (Nestlé – Vevey, Switzerland). Lote 61800289A

1.2. MÉTODOS

1.2.1. Confeção de Amostras

1. Confeção de amostras cilíndricas de compósito (diâmetro: 12 mm; espessura: 2 mm para Filtek™ Z250 e 4 mm para Filtek™ Bulk Fill e Fill-Up™) através da compactação da resina com uma espátula angulada e um condensador metálico, no molde de confeção de amostras, intercalando uma folha de acetato com a placa de vidro (Figura 2). Foram fabricadas 60 amostras, 5 amostras para cada um dos 12 grupos.



Figura 2 - a) Molde de confecção das amostras; b) Colocação da resina no molde; c) Compactação da resina no molde; d) Colocação de matriz de acetato sobre a resina.

2. O fotopolimerizador foi limpo com álcool a 75% e a sua intensidade controlada periodicamente de 4 em 4 utilizações, através de um radiômetro, para que não fosse inferior a 900 mW/cm^2 (Figura 3).

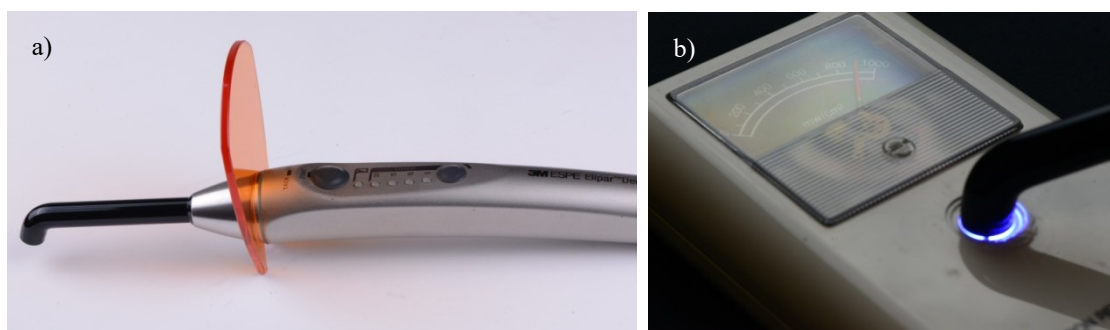


Figura 3 - a) Fotopolimerizador Elipar Deep-Cure-S LED curing-light; b) Radiômetro Model 100 Curing Radiometer.

3. As amostras foram fotopolimerizadas o tempo indicado por cada fabricante, através da placa de vidro. A resina Filtek™ Bulk Fill Posterior Restorative foi fotopolimerizada 40 segundos, a Filtek™ Z250 20 segundos e a Fill-Up™ 10 segundos. O fotopolimerizador foi posicionado perpendicularmente à superfície das amostras (Figura 4).



Figura 4 - Fotopolimerização da amostra.

4. Foram removidos os excessos das amostras com Pedra de Arkansas.

5. As amostras foram separadas em 12 grupos diferentes, de acordo com a resina composta e protocolo de polimento, e identificadas na face em que não são realizadas avaliações, utilizando uma broca (Tabela 3).

Tabela 3 - Nomenclatura para os grupos utilizados na investigação.

	Filtek™ Bulk Fill	Filtek™ Z250	Fill-Up™
Polimento 1	FBF _{Po1}	Z250 _{Po1}	FU _{Po1}
Polimento 2	FBF _{Po2}	Z250 _{Po2}	FU _{Po2}
Polimento 3	FBF _{Po3}	Z250 _{Po3}	FU _{Po3}
Polimento 4 (controle)	FBF _{Po4}	Z250 _{Po4}	FU _{Po4}

6. Os espécimes foram submetidos aos diferentes sistemas de acabamento e polimento, seguindo as instruções do fabricante. Os protocolos de polimento foram realizados a baixa rotação com o contra-ângulo DPS Line M4 (KMD Europa, Bilbao-Vizcaya, Spain), exceto na escova SHP Soft Bristle Brush, em que se utilizou a peça de mão DPS Line M4 (KMD Europa, Bilbao-Vizcaya, Spain) e na broca diamantada TDF Serie, utilizando a turbina DPS Line M4 (KMD Europa, Bilbao-Vizcaya, Spain). Cada instrumento de polimento foi utilizado cerca de 30 segundos em cada amostra, com pulverização intermitente de água, exceto na utilização do sistema DIATECH® Composite Polishing Plus, da escova SHP Soft Bristle Brush com a pasta Intra Oral Diashine® e da escova Brushine. No final de cada protocolo de polimento e entre os passos de cada protocolo, a superfície da amostra foi lavada com água e limpa. Nas Figuras 5, 6, 7 e 8 encontram-se os instrumentos utilizados em cada protocolo de polimento.

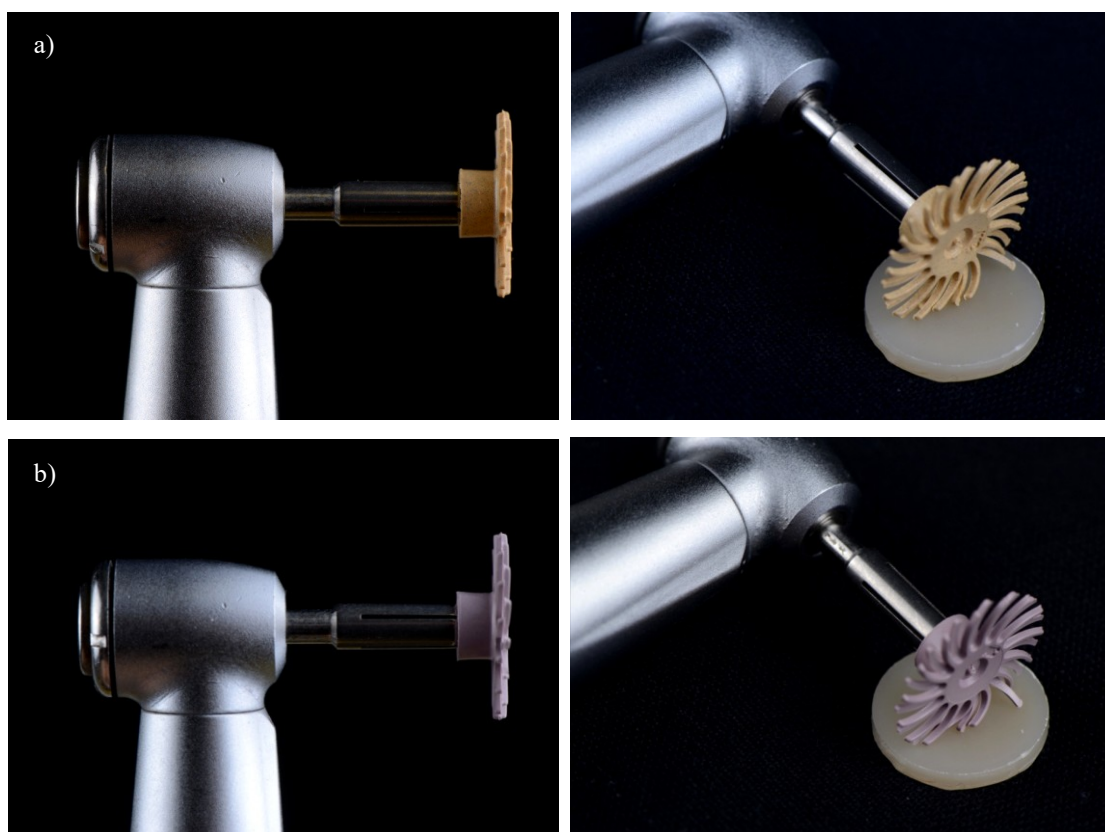


Figura 5 - Protocolo de Polimento 1: a) Sof-Lex™ Pre-polishing Spiral; b) Sof-Lex™ Diamond Polishing Spiral.

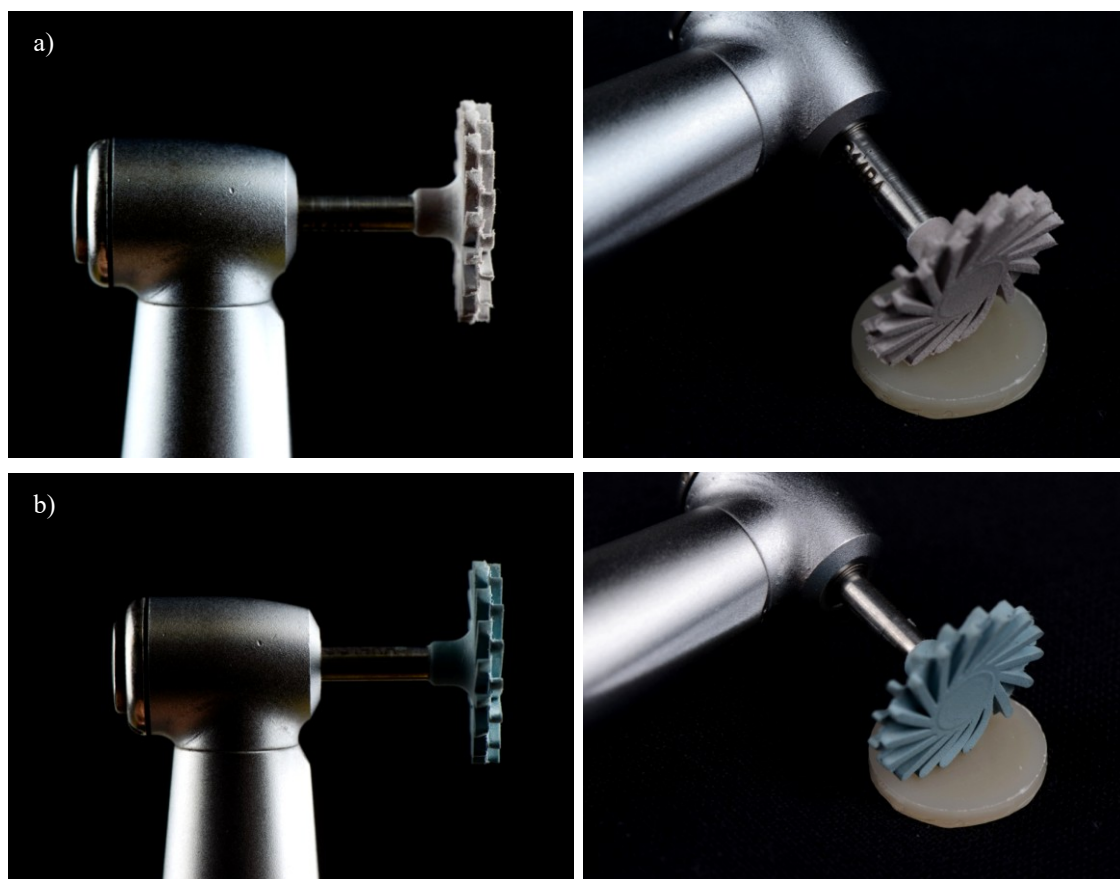
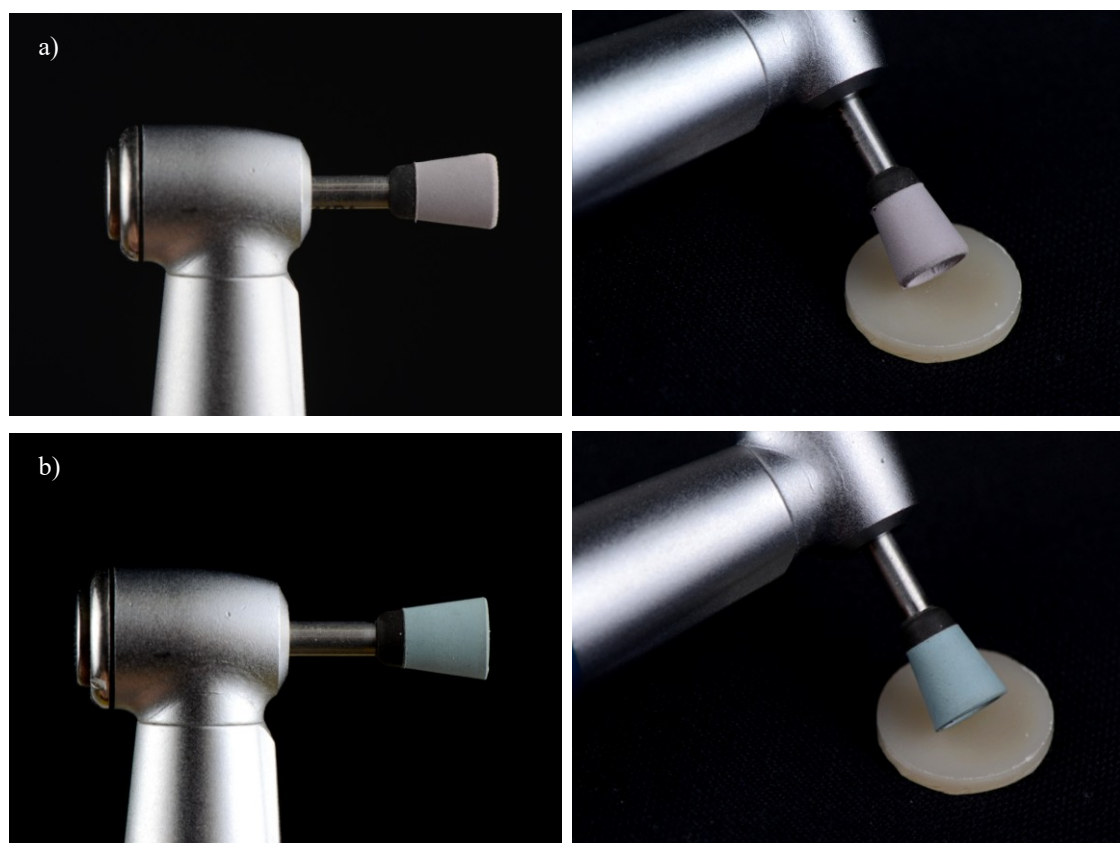


Figura 6 - Protocolo de Polimento 2: a) Comprep Plus Spiral; b) Composhine Plus Spiral.



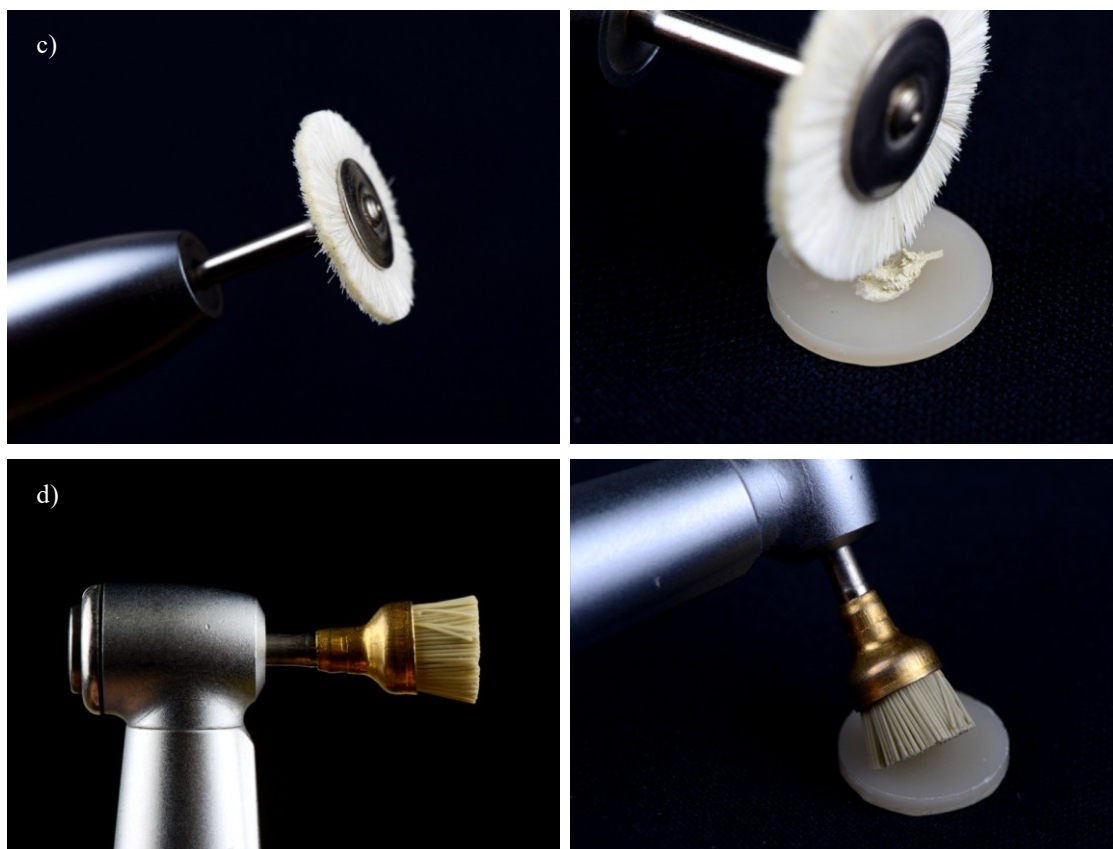


Figura 7 - Protocolo de Polimento 3: a) Comprepol Plus Cup; b) Composhine Plus Cup; c) Intra Oral Diashine® Polishing Compound aplicado com SHP Soft Bristle Brush; d) Brushine.

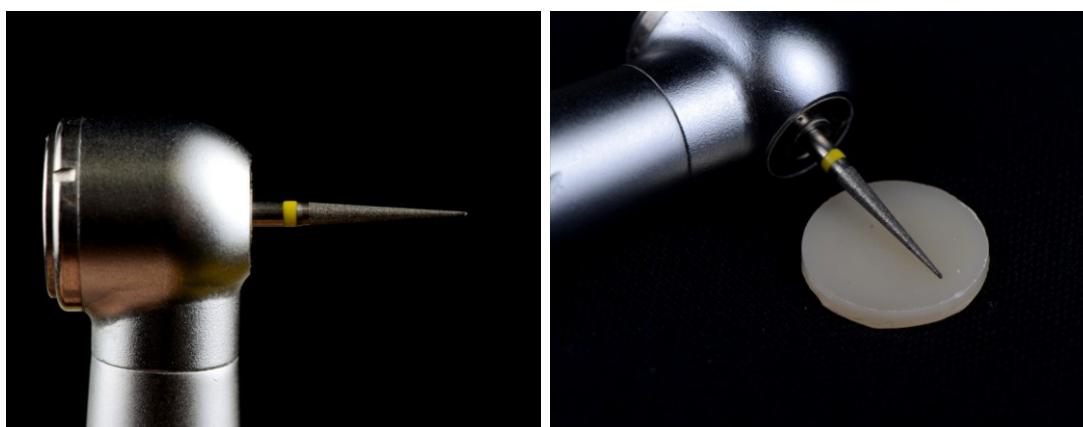


Figura 8 - Protocolo de Polimento 4: Broca diamantada grão superfino TDF serie 014.

7. As amostras foram armazenadas a 37°C, imersas em água destilada durante 24 horas. Após este período, as amostras foram secas com seringa de ar/água. Nas Figuras 9, 10 e 11 encontra-se uma amostra de cada grupo, correspondente ao resultado final de cada protocolo de polimento, nas diversas resinas compostas, comparadas com amostra do grupo controle.

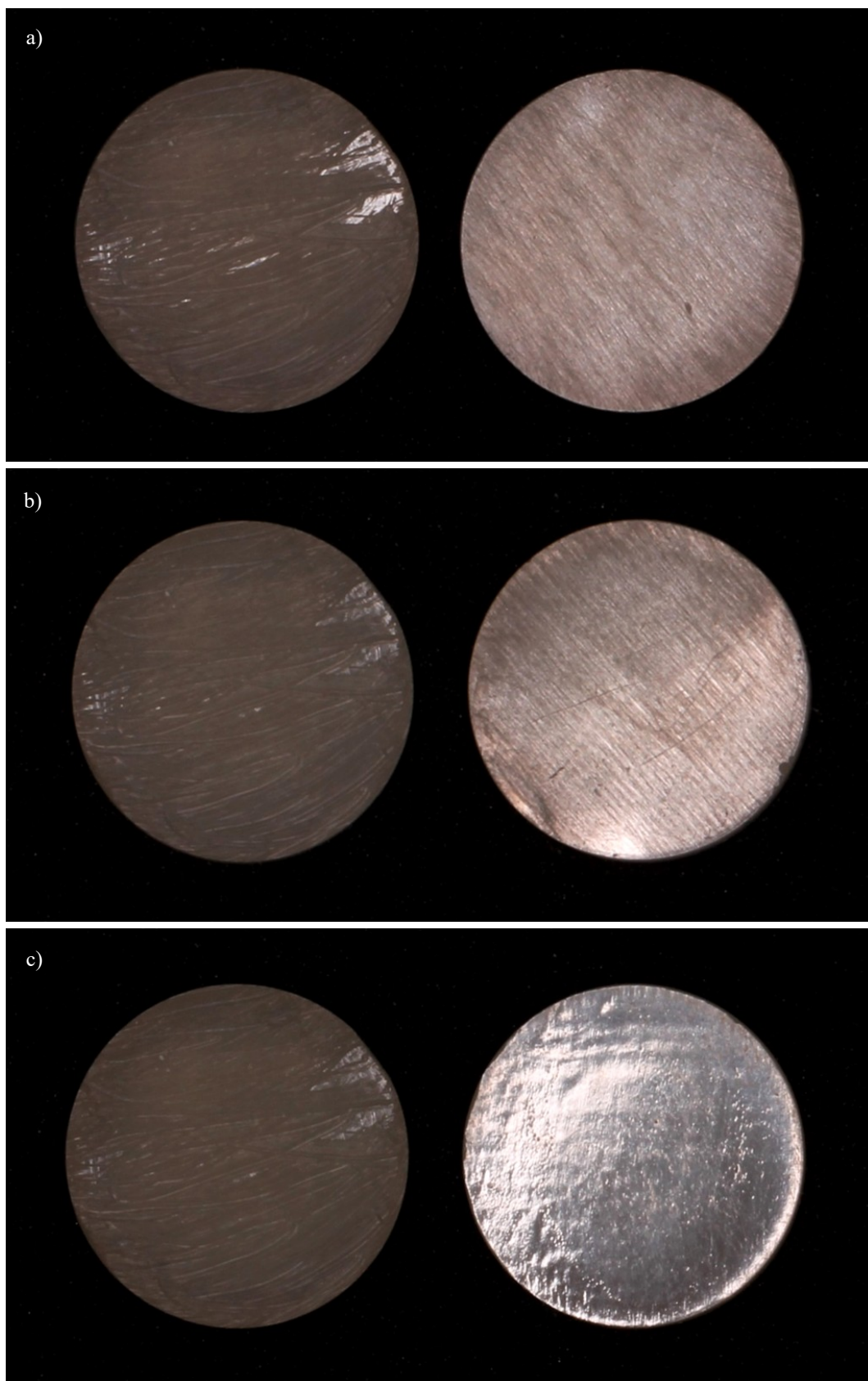


Figura 9 - Resina Filtek™ Bulk Fill: a) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 1; b) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 2; c) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 3.

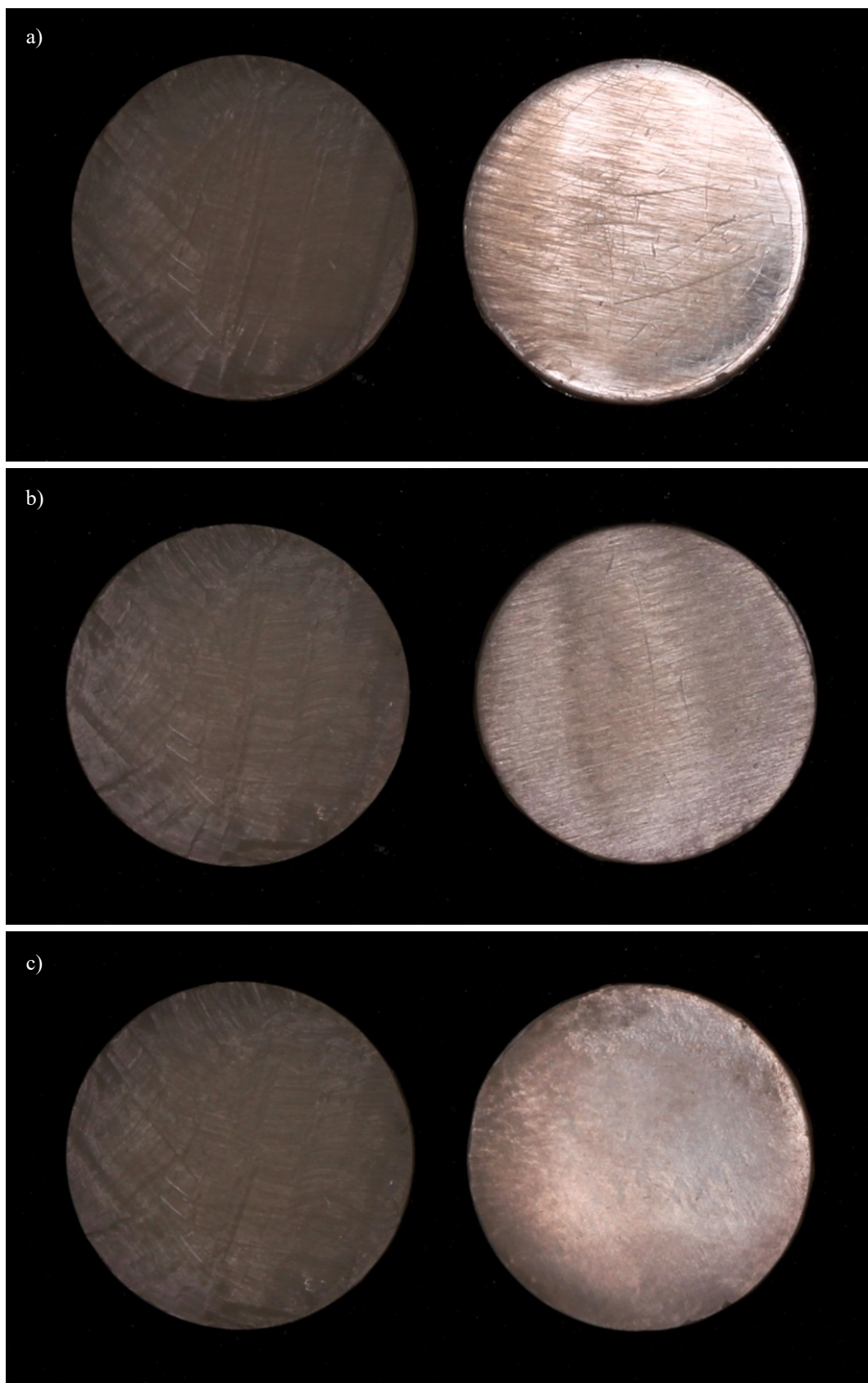


Figura 10 - Resina Filtek™ Z250: a) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 1; b) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 2; c) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 3.

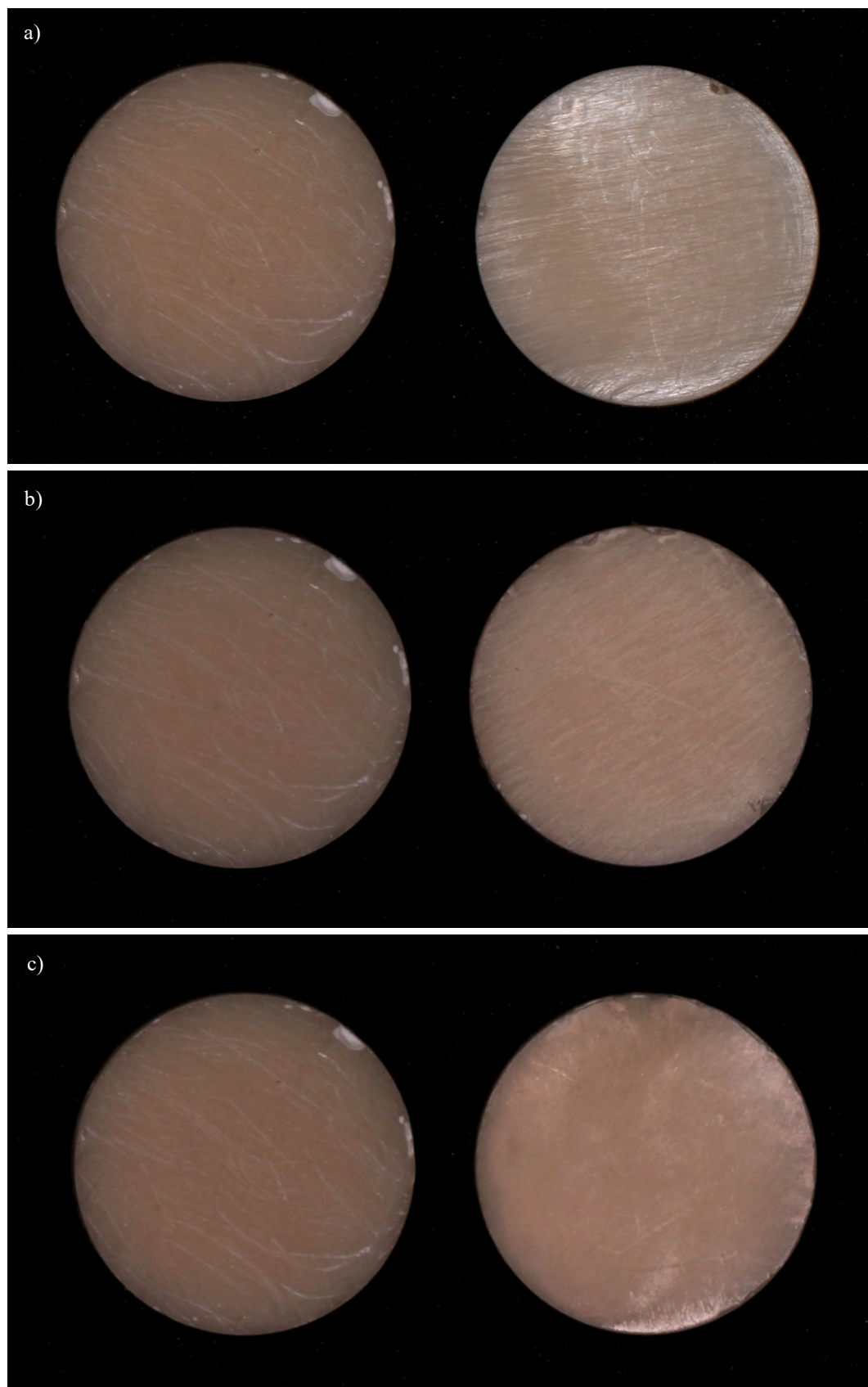


Figura 11 - Resina Fill-Up™: a) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 1; b) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 2; c) À esquerda amostra do grupo controlo (Polimento 4), à direita Polimento 3.

8. A rugosidade de superfície de cada amostra foi avaliada através de microscopia de força atômica.

9. A cor das amostras foi medida através do espectrofotômetro Spectroshade Micro Optic, sendo realizada duas vezes em cada uma das amostras e calculada a média das duas medições. O aparelho foi calibrado após cada medição.

10. As amostras foram imersas em solução de café, 50 g de café solúvel em 500 mL de água fervida (Barakah & Taher, 2014; Schmitt et al., 2011) durante 14 dias, em estufa a 37°C. A solução de café foi colocada em tubos Falcon de 50 mL com as amostras e renovada diariamente (Figura 12).



Figura 12 - Amostras em solução de café, na estufa.

11. Após este período, as amostras foram lavadas com água destilada durante 1 minuto e secas com seringa de ar/água. A cor final de todas as amostras foi medida com o espectrofotômetro Spectroshade Micro Optic.

1.2.2. Avaliação da Rugosidade de Superfície

A rugosidade de superfície das amostras foi avaliada com o Microscópio de Força Atômica TT-AFM (The AFM Workshop, California, USA) (Figura 13) (Janus, Fauxpoint, Arntz, Pelletier, & Etienne, 2010; Salerno et al., 2010; Alves et al., 2013; Can Say, Yurdagüven, Yaman, & Özer, 2014; Țălu, Stach, Alb, & Salerno, 2015). Em cada uma das sessenta amostras foi realizada uma análise, obtendo-se uma imagem com 40 por 40 μm . A partir de cada uma destas imagens de 40 por 40 μm , foi possível calcular o valor de rugosidade aritmética (R_a), em nanômetros, da superfície de 16 imagens com dimensões de 10 por 10 μm . As imagens obtidas foram analisadas pelo programa *Gwyddion* versão 2.45 e *MountainsMap Premium* versão 7.3.

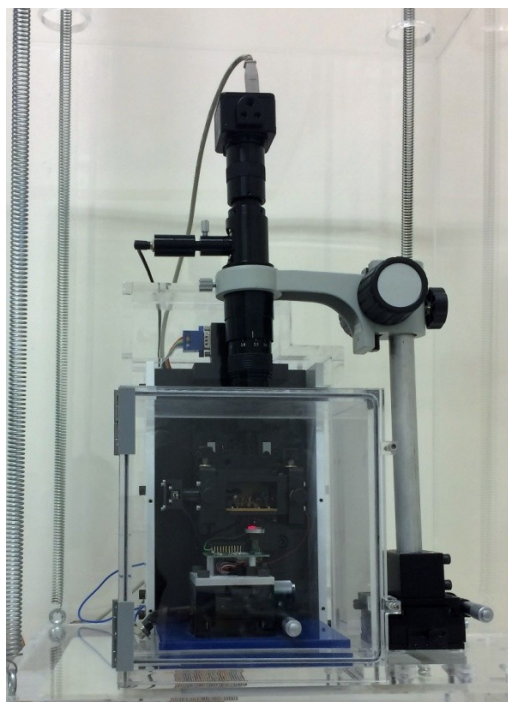


Figura 13 - TT AFM.

1. A amostra foi colocada sobre o disco de metal do microscópio de força atômica (Figura 14).

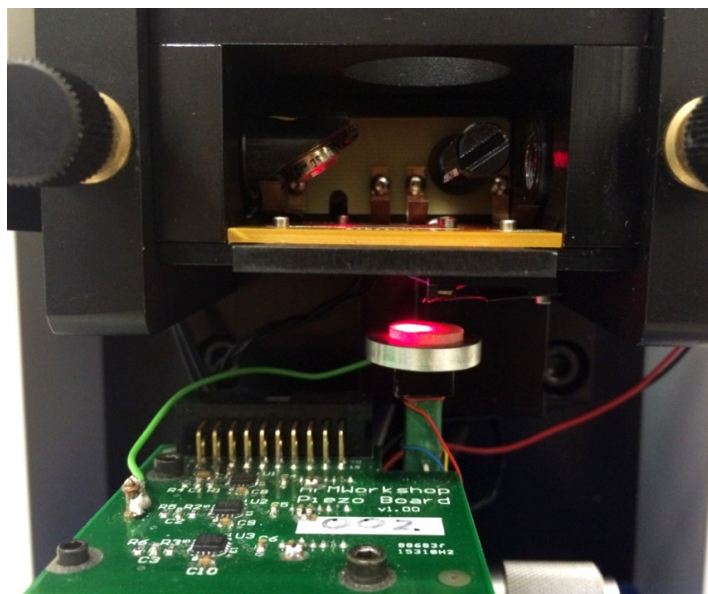


Figura 14 - Amostra colocada no disco de metal.

2. A caixa de isolamento acústico e vibracional onde se encontrava o microscópio de força atômica foi fechada.
3. A ponta do microscópio foi descida até entrar em contacto com a amostra e foi feita a análise com dimensões de 40 por 40 μm e uma resolução de 512x512 *pixels*.

1.2.3. Avaliação da Estabilidade de Cor

A medição de cor das amostras foi avaliada através do espectrofotómetro Spectroshade Micro Optic (MHT S.p.A., Arbizzano di Negar, Itália), de acordo com as Normas ISO/TR 28642: 2011.

1. Foi utilizado um frasco, sobre uma base de silicone, onde foram colocadas as amostras, de forma que as condições de medição (posição, inclinação, luz e meio envolvente) fossem as mesmas (Figura 15).



Figura 15 - Frasco com amostra, adaptado à base de silicone.

2. O frasco, em conjunto com a base de silicone, foram colocados numa caixa preta, de forma a evitar alterações da luz incidente no objeto (Figura 16).



Figura 16 - Frasco com amostra na caixa preta.

3. O aparelho (Figura 17) foi ligado e calibrado, através da medição da cor branca e da cor verde que se encontram na base do aparelho.



Figura 17 - Aparelho Spectroshade Micro.

4. Realizou-se a medição da amostra, sendo que a linha que surge no mostrador deve ser de cor verde. A linha varia a sua cor entre vermelho, cor de laranja ou verde, de acordo com a inclinação do aparelho em relação à amostra, sendo que para uma medição correta deve aparecer a linha de cor verde.
5. A zona da amostra que se pretende analisar apareceu seleccionada, e foram registados os valores referentes ao sistema CIE $L^*a^*b^*$.
6. A variação de cor foi determinada pela diferença (ΔE) entre os valores das coordenadas L^* , a^* e b^* obtidas antes e depois da imersão em solução de café, em cada uma das amostras. A variação cromática foi determinada através da fórmula: $\Delta E = [(L^*_{\text{final}} - L^*_{\text{inicial}})^2 + (a^*_{\text{final}} - a^*_{\text{inicial}})^2 + (b^*_{\text{final}} - b^*_{\text{inicial}})^2]^{1/2}$, de acordo com a Norma ISO 11664-4:2008.

1.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística envolveu medidas de estatística descritiva e estatística inferencial. Para testar as diferenças entre as médias de rugosidade de superfície das três resinas compostas submetidas a diferentes protocolos de polimento, bem como a estabilidade de cor das mesmas, foi utilizado o teste Anova *one-way*. Para determinar a influência da

resina composta e protocolo de polimento na rugosidade de superfície e estabilidade de cor, foi realizado o teste Anova *two-way*. Os pressupostos destes testes, nomeadamente o pressuposto de normalidade de distribuição e o pressuposto de homogeneidade de variâncias foram analisados com os testes de Kolmogorov-Smirnov e o teste de Levene, respetivamente. Como referência para aceitar ou rejeitar a hipótese nula fixou-se um nível de significância (α) $\leq 0,05$. Para avaliar a associação entre a rugosidade de superfície e estabilidade de cor foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman. Os procedimentos estatísticos foram realizados através do programa IBM SPSS versão 24.0.

IV. RESULTADOS

1. RESULTADOS DA MEDIÇÃO DA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE

1.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A análise descritiva foi realizada para cada uma das resinas (Tabela 4) e protocolos de polimento (Tabela 5), tendo sido avaliada a média, desvio padrão, valor mínimo e máximo de rugosidade de superfície.

Tabela 4 - Estatística descritiva relativa às resinas compostas.

	Filtek™ Bulk Fill	Filtek™ Z250	Fill-Up™
Média	135,54	133,56	266,23
Desvio Padrão	88,02	72,06	113,11
Mínimo	15,00	34,00	59,00
Máximo	397,00	391,00	804,00

Tabela 5 - Estatística Descritiva relativa aos Protocolos de Polimento.

	Polimento 1	Polimento 2	Polimento 3	Polimento 4
Média	186,04	165,32	109,23	253,17
Desvio Padrão	120,89	79,99	90,83	99,58
Mínimo	34,00	54,00	15,00	86,00
Máximo	804,00	490,00	444,00	581,00

A partir das médias de rugosidade de superfície obteve-se o Gráfico 1 e Gráfico 2, em que é possível analisar os valores médios de rugosidade em cada polimento para as

diversas resinas compostas e em cada resina composta para os diferentes protocolos de polimento, respetivamente.

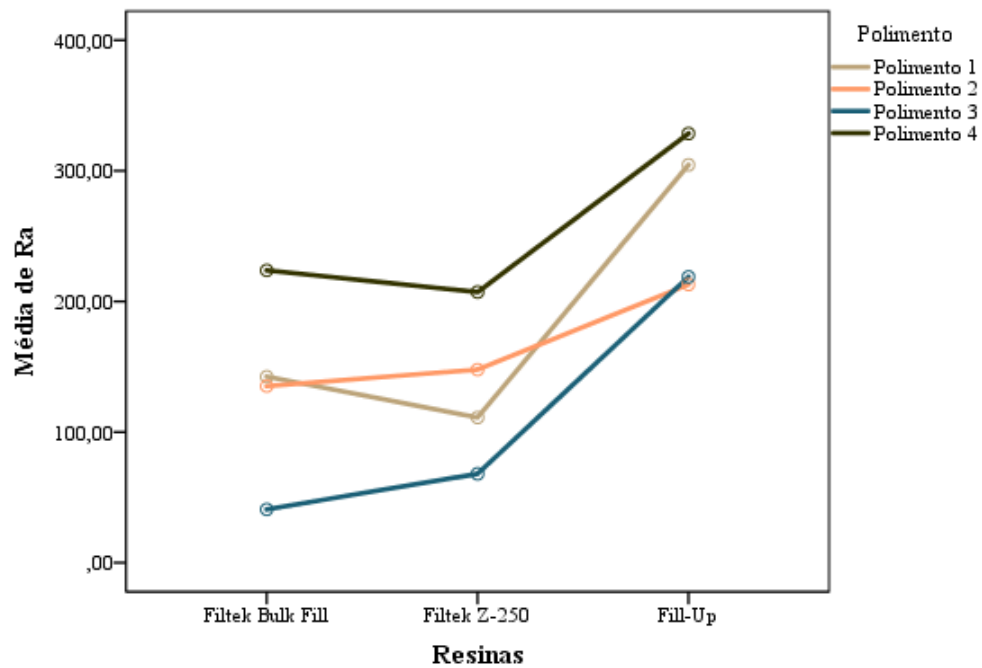


Gráfico 1 - Valores médios da rugosidade de superfície (nm) nas diferentes resinas e protocolos de polimento.

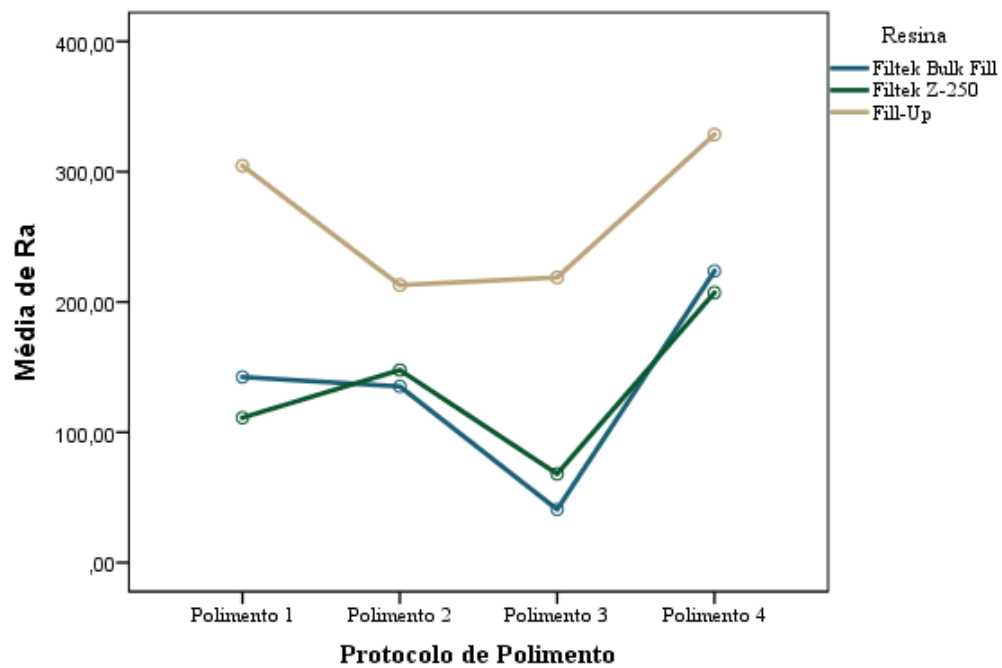


Gráfico 2 - Valores médios da rugosidade de superfície (nm) nos diversos protocolos de polimento e resinas.

Para cada um dos protocolos de polimento, nas diferentes resinas compostas, foi registado o valor da média da rugosidade de superfície e respetivo desvio padrão (Tabela 6), em que a resina Fill-UpTM apresenta os valores médios de rugosidade mais elevados.

Tabela 6 - Média (MD) da rugosidade de superfície (nm) e respetivo desvio padrão (\pm DP) dos diferentes grupos.

	Filtek TM Bulk Fill	Filtek TM Z250	Fill-Up TM
	MD \pm DP	MD \pm DP	MD \pm DP
Polimento 1	142,40 (\pm 56,56)	111,19 (\pm 42,24)	304,54 (\pm 131,93)
Polimento 2	135,18 (\pm 63,50)	147,80 (\pm 69,94)	212,99 (\pm 83,08)
Polimento 3	40,80 (\pm 19,08)	68,06 (\pm 20,28)	218,84 (\pm 74,56)
Polimento 4	223,78 (\pm 81,64)	207,18 (\pm 57,74)	328,55 (\pm 105,97)

1.2. COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE

Para comparar a diferença das médias da rugosidade de superfície entre resinas e entre polimentos foi utilizado o teste Anova *one-way*, recorrendo ao teste *post-hoc* de comparação múltipla de médias de Tukey. Para determinar a influência da resina composta e protocolo de polimento na rugosidade de superfície, foi realizado o teste Anova *two-way*. Os pressupostos destes testes, nomeadamente o pressuposto de normalidade de distribuição e o pressuposto de homogeneidade de variâncias, foram analisados com os testes de Kolmogorov-Smirnov e teste de Levene, respetivamente. Após a análise do teste de Kolmogorov-Smirnov conclui-se que o pressuposto da normalidade não era satisfeito, sendo $p < 0,001$. O teste de Levene indica que o pressuposto de homogeneidade de variâncias também não estava satisfeito, com $p < 0,001$. No entanto, apesar da violação do pressuposto da normalidade, é possível utilizar o teste paramétrico, uma vez que as distribuições não são extremamente enviesadas ou achatadas e a dimensão da amostra é superior a 30. O pressuposto de

homogeneidade de variâncias não se encontrava satisfeito, no entanto o rácio entre a menor variância e a maior variância não é elevado e a dimensão dos grupos não é pequena, sendo as estatísticas paramétricas robustas à violação da homogeneidade das variâncias (Maroco, 2007).

Para avaliar se a resina e o protocolo de polimento afetam significativamente a rugosidade de superfície recorreu-se ao teste Anova *two way*. A partir da análise do teste é possível concluir que tanto a resina, o polimento, como a interação resina e polimento apresentam um efeito estatisticamente significativo sobre a rugosidade de superfície, em que $p < 0,001$. A dimensão do efeito (η^2_p) foi mais elevada na resina ($\eta^2_p = 0,416$), depois no polimento ($\eta^2_p = 0,329$) e, por fim, na interação entre resina e polimento ($\eta^2_p = 0,083$).

A análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey indica que a média das rugosidades de superfície das resinas Filtek™ Bulk Fill e Fill-Up são significativamente diferentes, bem como a resina Filtek™ Z250 e Fill-Up, uma vez que os valores de $p < 0,001$. A diferença entre as médias da rugosidade das resinas Filtek™ Bulk Fill e Filtek™ Z250 não é estatisticamente significativa, pois $p = 0,960$. A resina Filtek™ Z250 é a que apresenta menor rugosidade de superfície, seguida da resina Filtek™ Bulk Fill com média de rugosidade muito próxima da anterior, e, por fim, a resina Fill-Up™ (Tabela 7).

Tabela 7 - Médias de rugosidade de superfície das diversas resinas compostas.

Resina	N	1	2
Filtek™ Z250	320	133,56	
Filtek™ Bulk Fill	320	135,54	
Fill-Up™	320		266,23

Relativamente à rugosidade de superfície em cada um dos polimentos, a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey indica que a diferença entre a média da rugosidade de superfície do Polimento 1 e 2 não é estatisticamente significativa, uma vez que $p = 0,100$. Os restantes polimentos são significativamente diferentes entre si. O

polimento 3 foi que apresentou uma média de rugosidade mais baixa, seguido do polimento 2, polimento 1 e, por último, o polimento 4 (Tabela 8).

Tabela 8 - Médias de rugosidade de superfície dos diferentes protocolos de polimento.

Polimento	N	1	2	3
Polimento 3	240	109,23		
Polimento 2	240		165,32	
Polimento 1	240		186,04	
Polimento 4	240			253,17

Na resina Filtek™ Bulk Fill, o polimento 3 apresentou um valor mais baixo de média de rugosidade de superfície, seguido do polimento 2, depois o polimento 1 e, por fim, o polimento 4 (Tabela 9). Segundo a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey, a diferença entre as médias da rugosidade dos polimentos 1 e 2 não é estatisticamente significativa, sendo $p=0,870$. Os restantes polimentos apresentam uma diferença de médias de rugosidade estatisticamente significativa, com $p<0,001$.

Tabela 9 - Médias de rugosidade de superfície: Resina Filtek™ Bulk Fill.

Polimento	N	1	2	3
Polimento 3	80	40,80		
Polimento 2	80		135,18	
Polimento 1	80		142,40	
Polimento 4	80			223,78

Na resina Filtek™ Z250, de acordo com a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey, existem diferenças estatisticamente significativas na média da rugosidade de todos os polimentos, sendo o valor de $p<0,001$. Nesta resina, o polimento

3 apresentou valores mais baixos, seguido do polimento 1, depois o polimento 2 e, por fim, o polimento 4 (Tabela 10).

Tabela 10 - Médias de rugosidade de superfície: Resina Filtek™ Z250.

Polimento	N	1	2	3	4
Polimento 3	80	68,06			
Polimento 1	80		111,19		
Polimento 2	80			147,80	
Polimento 4	80				207,18

Na resina Fill-Up™, após a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey, a diferença da média da rugosidade de superfície dos polimentos 1 e 4, bem como dos polimentos 2 e 3, não é estatisticamente significativa, sendo os valores de $p=0,440$ e $p=0,983$, respectivamente. Os restantes polimentos apresentam diferenças de média de rugosidade estatisticamente significativas, sendo $p<0,001$. O polimento 2 obteve a média de rugosidade mais baixa, depois o polimento 3, seguido do polimento 1 e do polimento 4 (Tabela 11).

Tabela 11 - Médias de rugosidade de superfície: Resina Fill-Up™.

Polimento	N	1	2
Polimento 2	80	212,99	
Polimento 3	80	218,84	
Polimento 1	80		304,54
Polimento 4	80		328,55

Relativamente ao polimento 1, de acordo com a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey, a diferença entre as médias de rugosidade nas resinas Filtek™ Z250 e Filtek™ Bulk Fill não é estatisticamente significativa, sendo $p=0,060$. Nas restantes

resinas, a diferença entre a média de rugosidades é estatisticamente significativa, sendo $p<0,001$. A média da rugosidade de superfície foi mais baixa na resina Filtek™ Z250, seguida da resina Filtek™ Bulk Fill e, por fim, a Fill-Up™ (Tabela 12).

Tabela 12 - Médias de rugosidade de superfície: Polimento 1.

Resina	N	1	2
Filtek Z250	80	111,19	
Filtek Bulk Fill	80	142,40	
Fill-Up	80		304,54

No polimento 2, a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey indica que a diferença das médias da rugosidade de superfície da resina Filtek™ Z250 e Filtek™ Bulk Fill não é estatisticamente significativa, sendo $p=0,515$. Nas restantes resinas, a diferença da média da rugosidade é estatisticamente significativa, em que $p<0,001$. A resina Filtek™ Bulk Fill apresentou o valor de média de rugosidade mais baixo, seguida da resina Filtek™ Z250 e Fill-Up™ (Tabela 13).

Tabela 13 - Médias de rugosidade de superfície: Polimento 2.

Resina	N	1	2
Filtek™ Bulk Fill	80	135,18	
Filtek™ Z250	80	147,80	
Fill-Up™	80		212,99

No polimento 3, a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey indica que a diferença entre a média da rugosidade de superfície das diversas resinas é estatisticamente significativa, sendo $p=0,001$ para a resina Filtek™ Z250 e Filtek™ Bulk Fill e $p<0,001$ para as restantes resinas. A resina Filtek™ Bulk Fill apresenta um valor de média de rugosidade mais baixo, seguida da Filtek™ Z250 e Fill-Up™ (Tabela 14).

Tabela 14 - Médias de rugosidade de superfície: Polimento 3.

Resina	N	1	2	3
Filtek™ Bulk Fill	80	40,80		
Filtek™ Z250	80		68,06	
Fill-Up™	80			218,84

Por fim, no polimento 4, a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey indica que a diferença entre a média da rugosidade de superfície das resinas Filtek™ Z250 e Filtek™ Bulk Fill não é estatisticamente significativa, em que $p=0,426$. Para as restantes resinas, as diferenças de média de rugosidade são estatisticamente significativas, sendo $p<0,001$. A resina Filtek™ Z250 apresenta o menor valor de média de rugosidade, seguida da resina Filtek™ Bulk Fill e Fill-Up™ (Tabela 15).

Tabela 15 - Médias de rugosidade de superfície: Polimento 4.

Resina	N	1	2
Filtek Z250	80	207,18	
Filtek Bulk Fill	80	223,78	
Fill-Up	80		328,55

1.3. TOPOGRAFIA DE SUPERFÍCIE

As figuras que se seguem (Figuras 18 a 29) correspondem às imagens a três dimensões representativas da topografia de superfície das diversas resinas compostas e protocolos de polimento. Estas imagens, com uma dimensão de 40 por 40 μm , foram obtidas através do microscópio de força atômica TT AFM, tendo sido processadas pelo programa *MountainsMap Premium*.

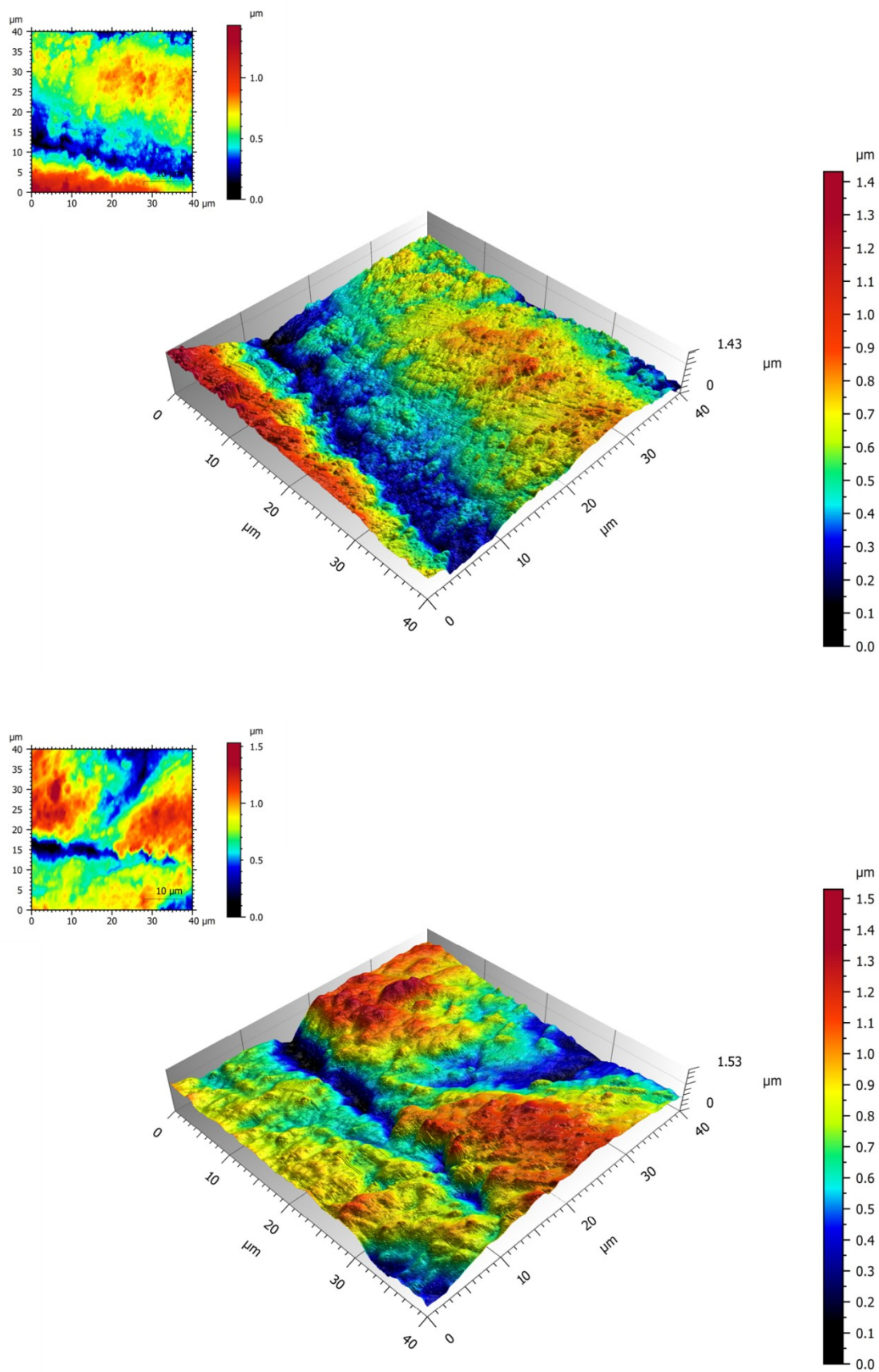


Figura 18 - Imagens AFM da resina Filtek™ Bulk Fill com o Protocolo de Polimento 1.

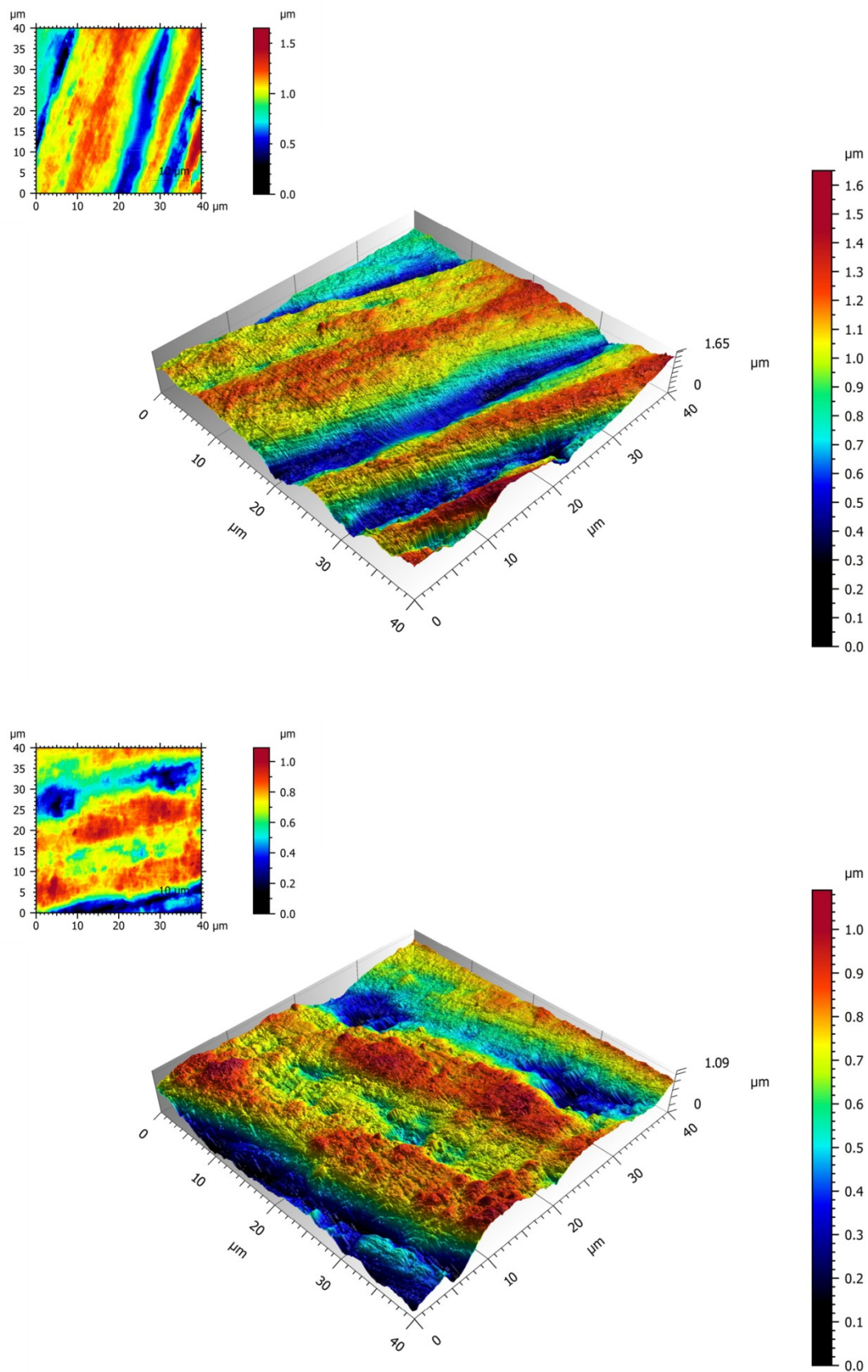


Figura 19 - Imagens AFM da resina FiltekTM Bulk Fill com o Protocolo de Polimento 2.

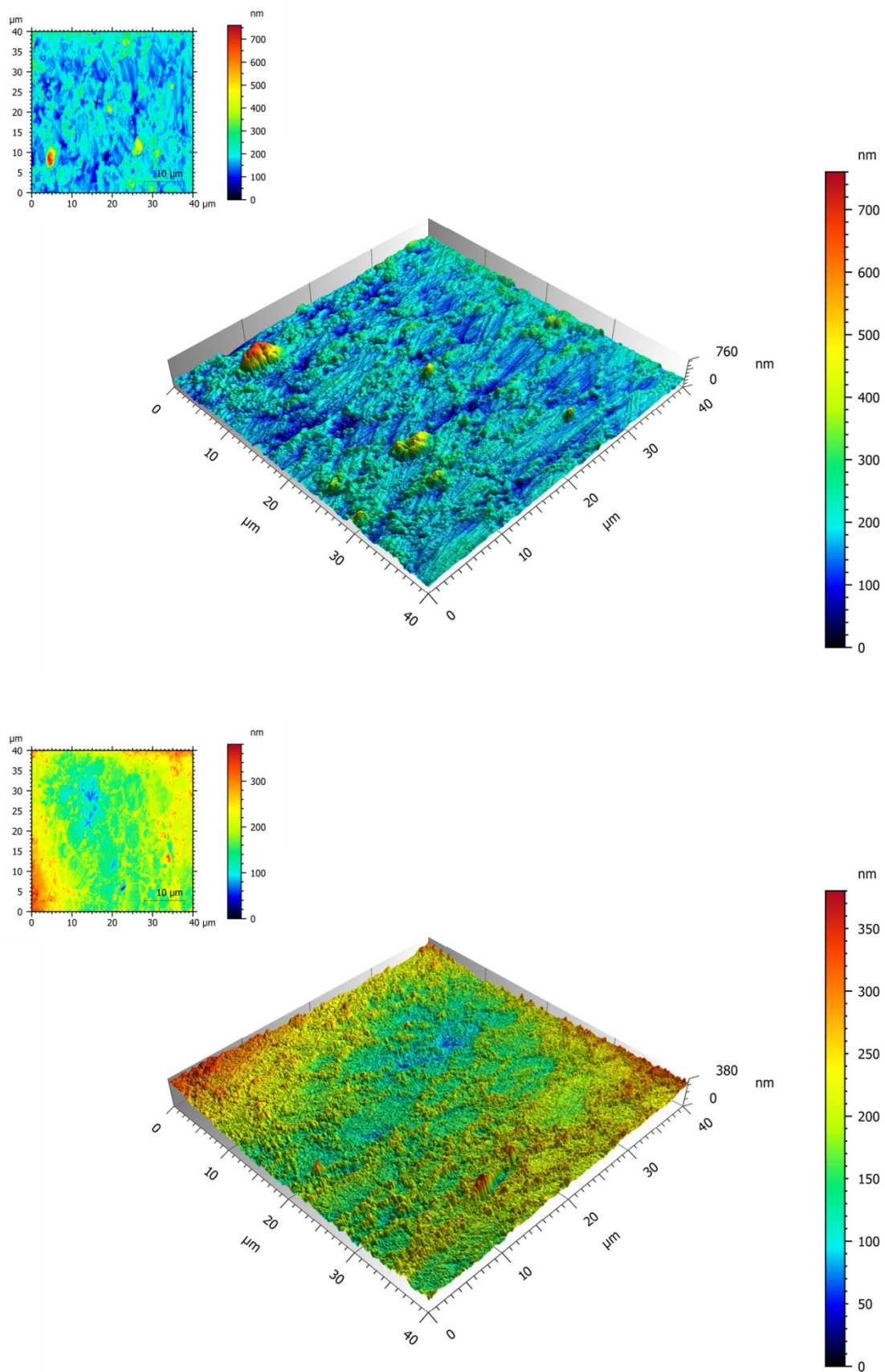


Figura 20 - Imagens AFM da resina Filtek™ Bulk Fill com o Protocolo de Polimento 3.

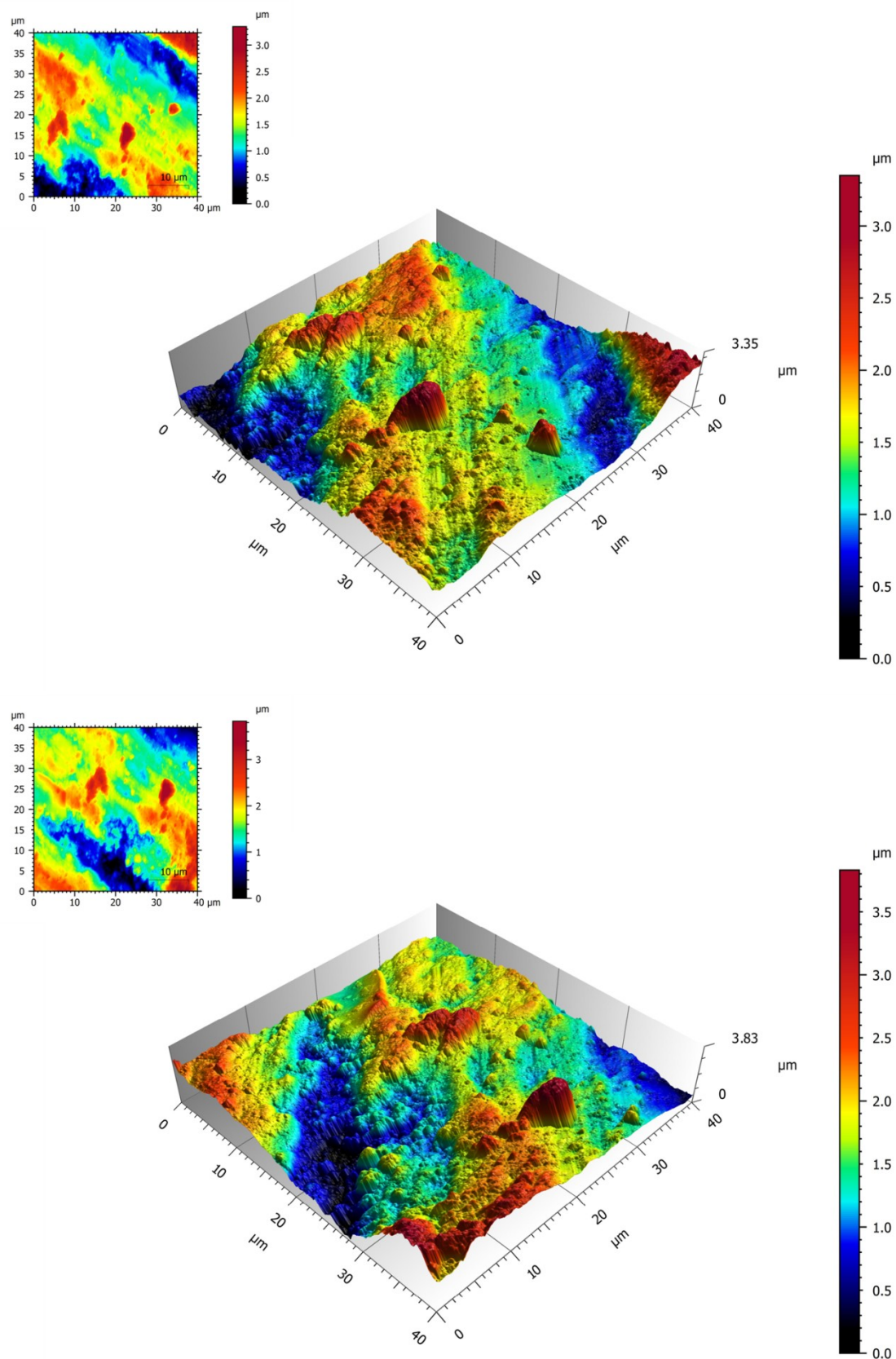


Figura 21 - Imagens AFM da resina Filtek™ Bulk Fill com o Protocolo de Polimento 4.

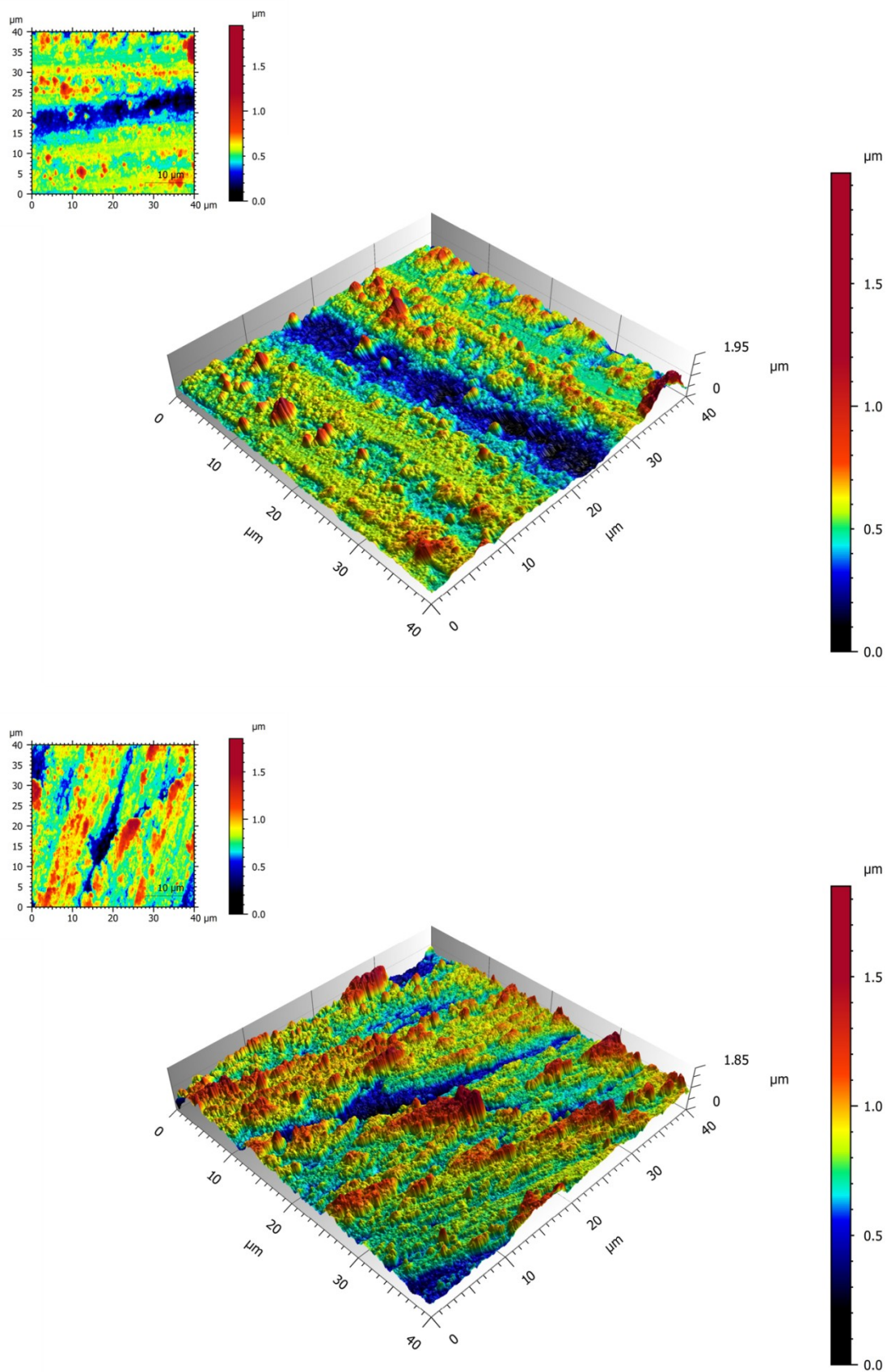


Figura 22 - Imagens AFM da resina Filtek™ Z250 com o Protocolo de Polimento 1.

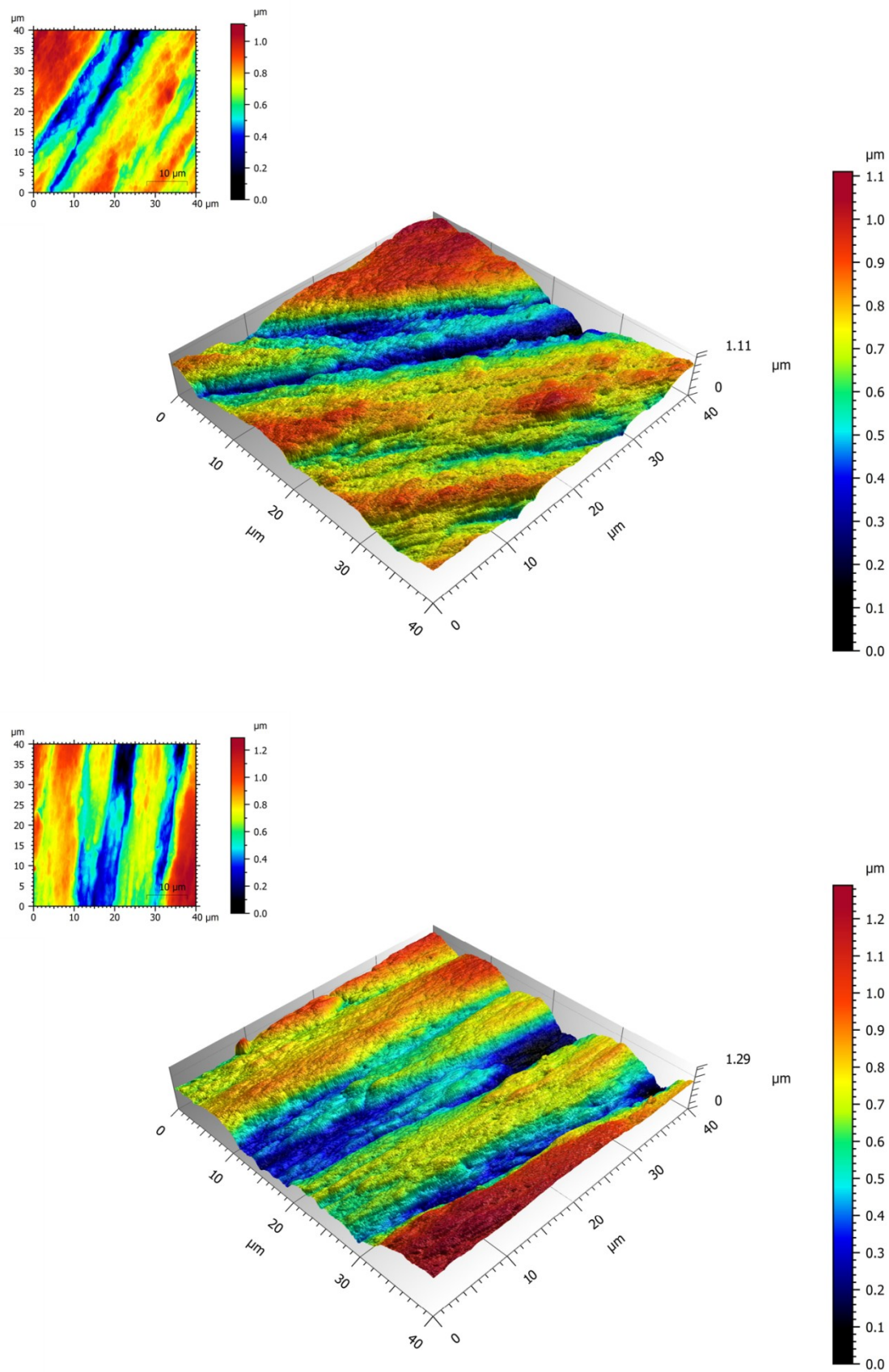


Figura 23 - Imagens AFM da resina Filtek™ Z250 com o Protocolo de Polimento 2.

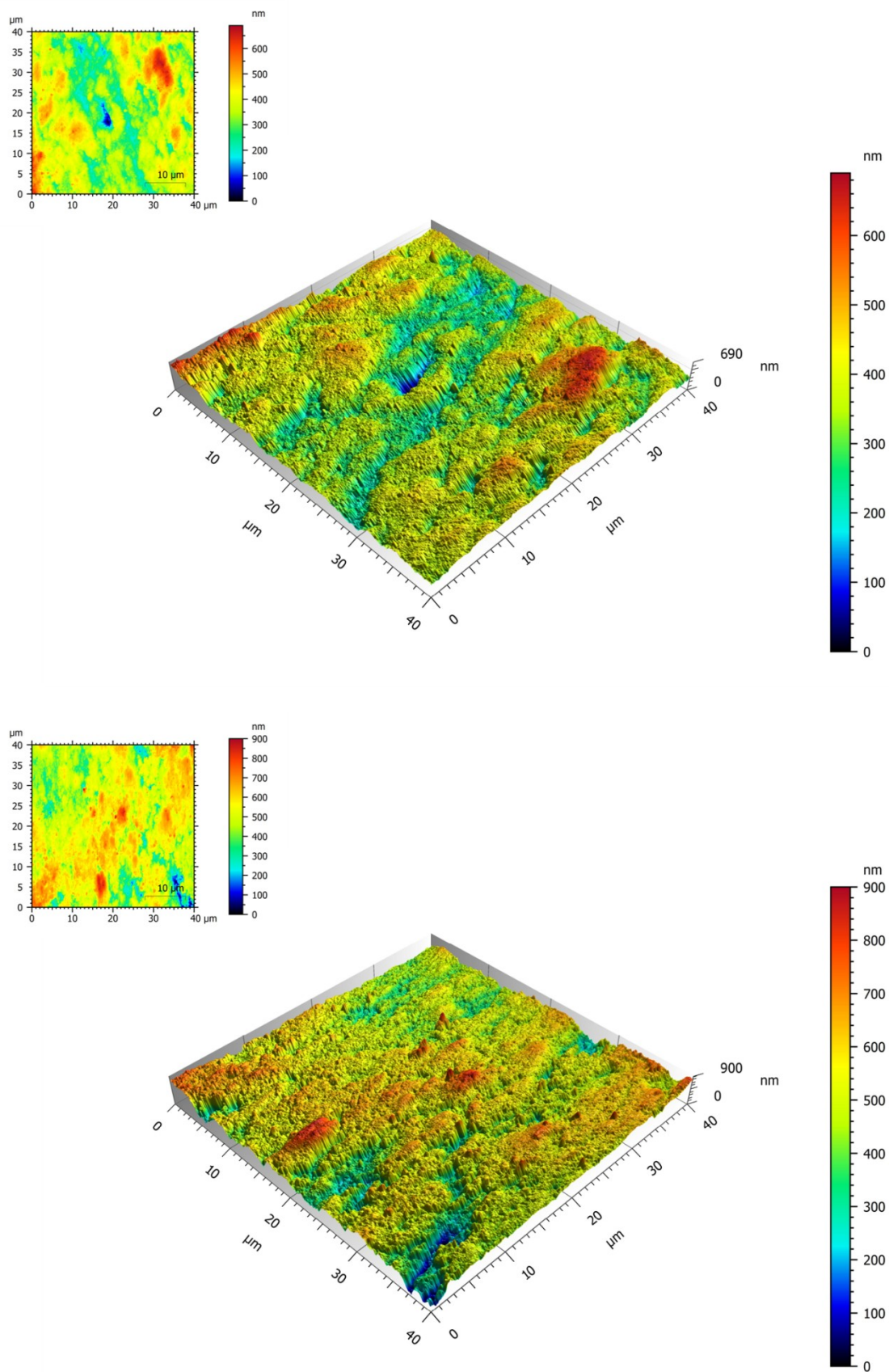


Figura 24 - Imagens AFM da resina Filtek™ Z250 com o Protocolo de Polimento 3.

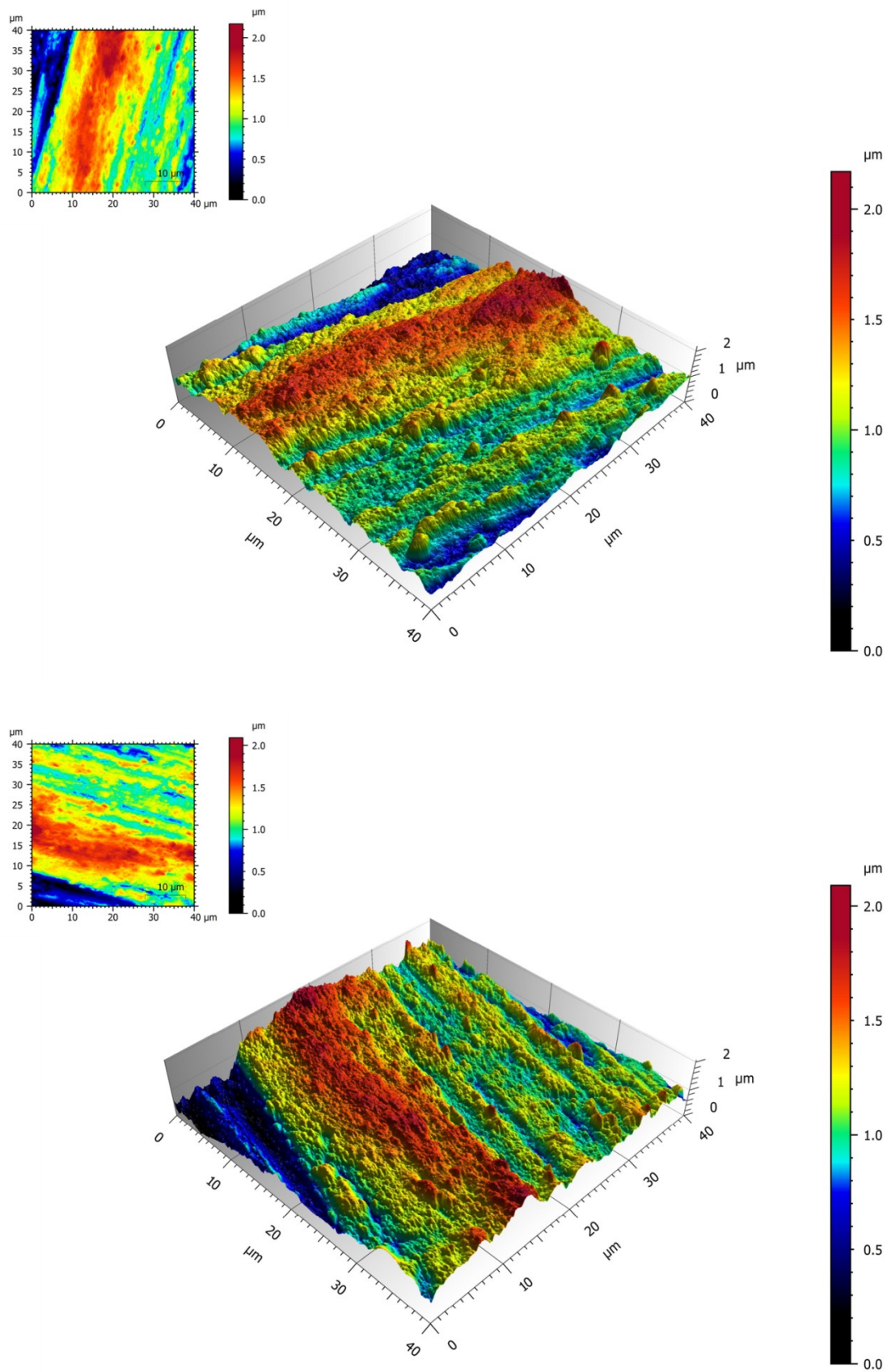


Figura 25 - Imagens AFM da resina Filtek™ Z250 com o Protocolo de Polimento 4.

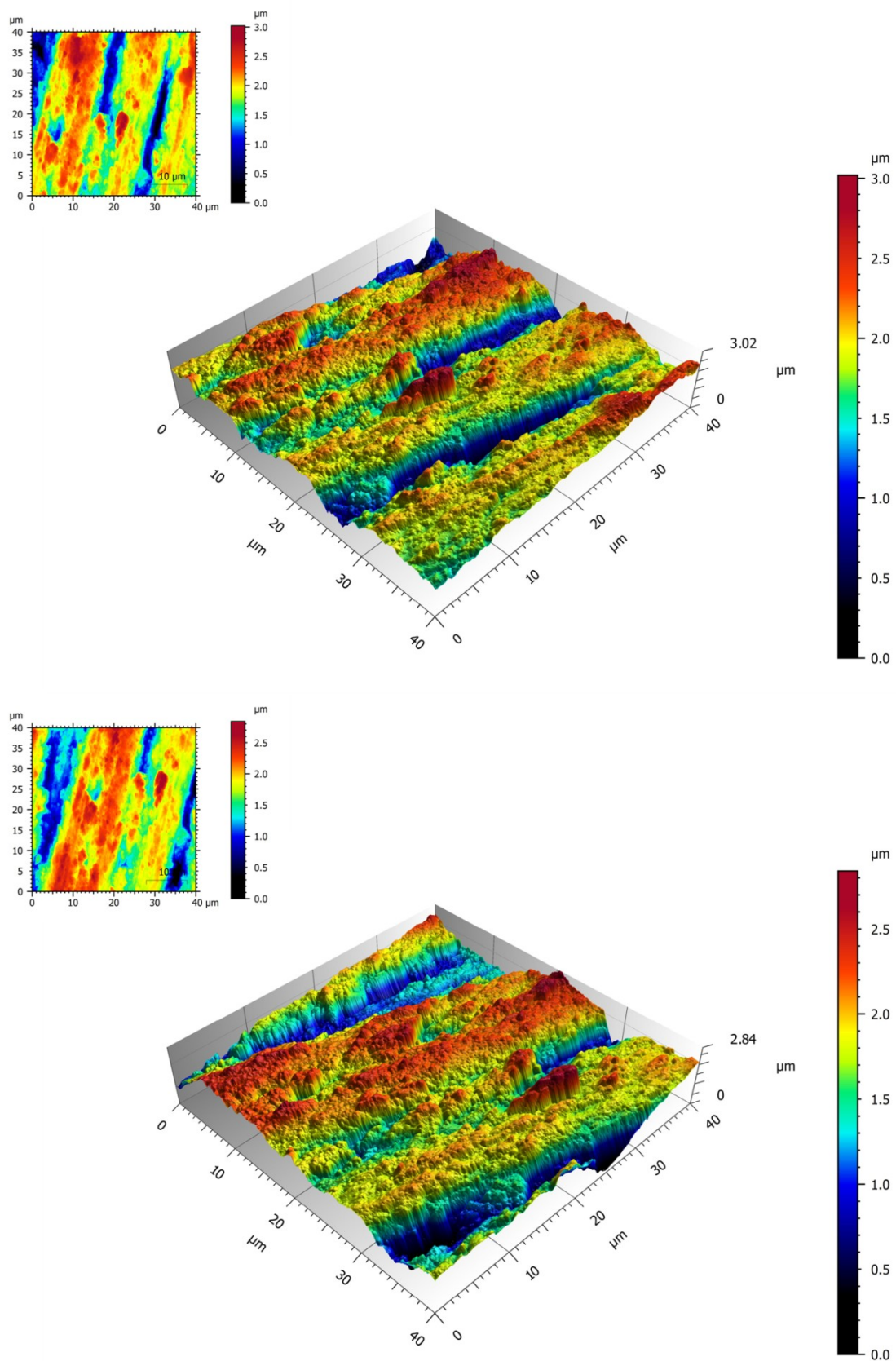


Figura 26 - Imagens AFM da resina Fill-Up™ com o Protocolo de Polimento 1.

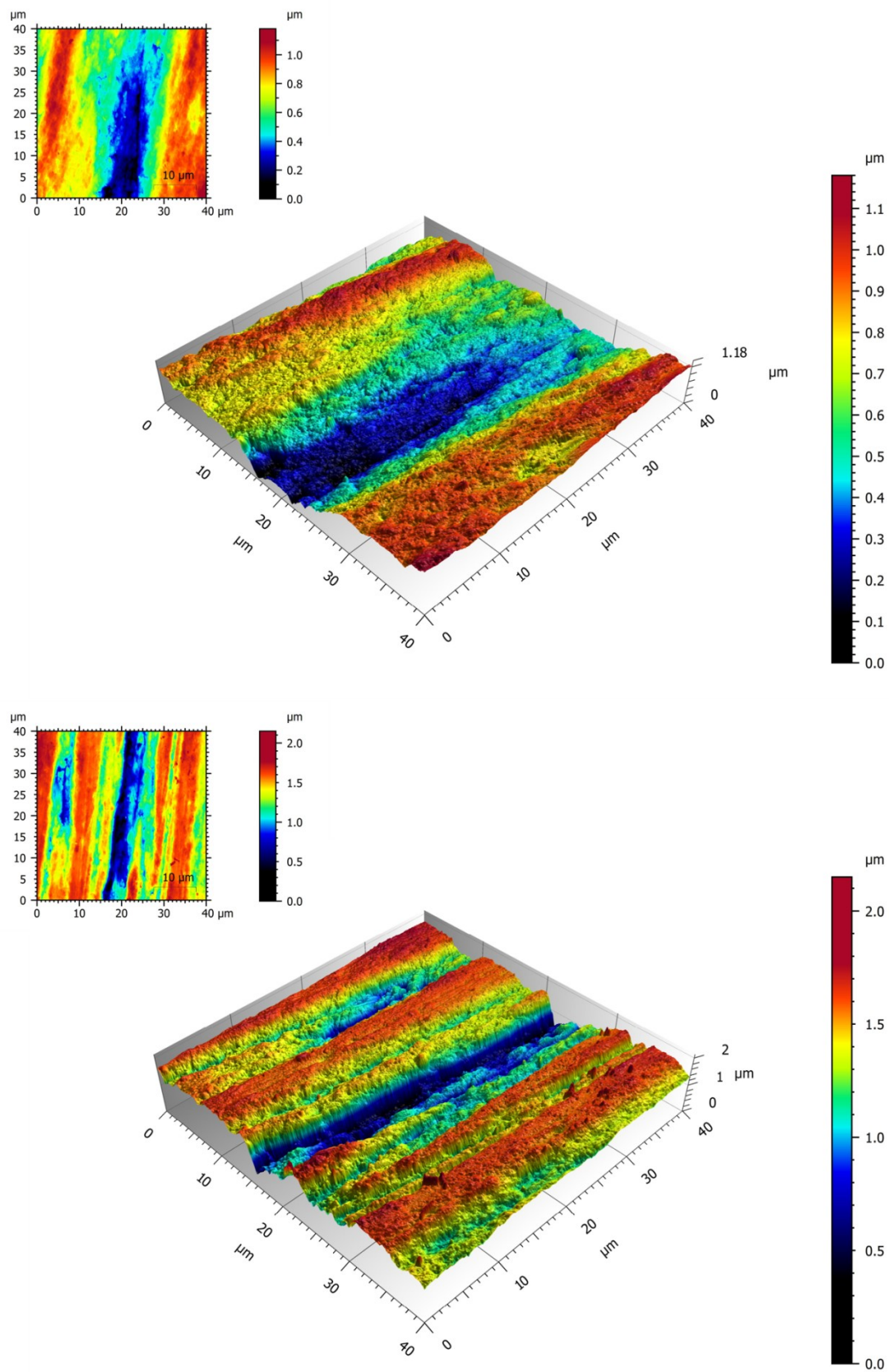


Figura 27 - Imagens AFM da resina Fill-Up™ com o Protocolo de Polimento 2.

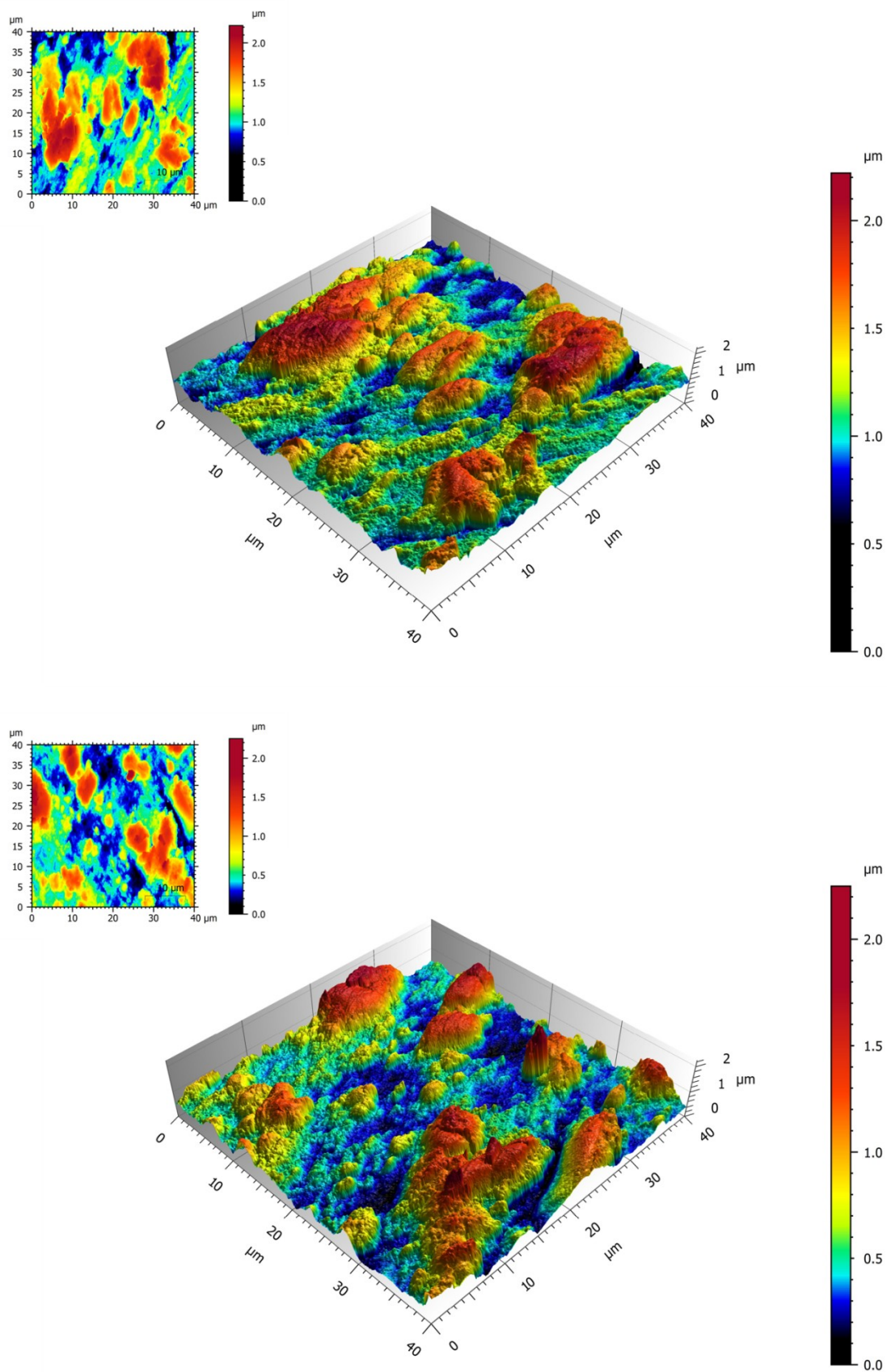


Figura 28 - Imagens AFM da resina Fill-Up™ com o Protocolo de Polimento 3.

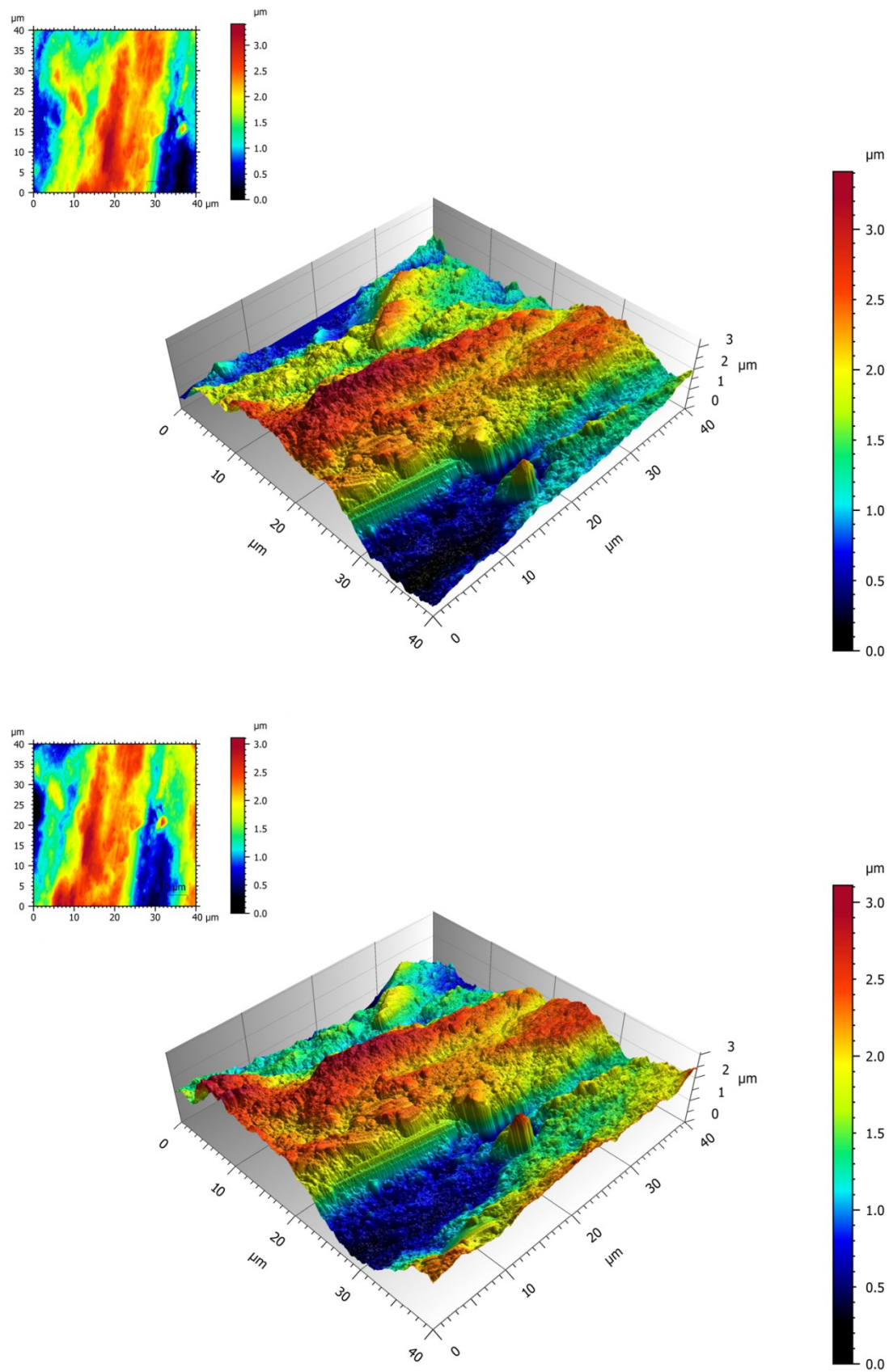


Figura 29 - Imagens AFM da resina Fill-UpTM com o Protocolo de Polimento 4.

2. RESULTADOS DA MEDIÇÃO DA ESTABILIDADE DE COR

2.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA

A análise descritiva foi realizada para cada uma das resinas (Tabela 16) e protocolos de polimento (Tabela 17), tendo sido avaliada a média, desvio padrão, valor mínimo e máximo de variação de cor.

Tabela 16 - Estatística descritiva relativa às resinas compostas.

	Filtek™ Bulk Fill	Filtek™ Z250	Fill-Up™
Média	10,47	9,57	11,88
Desvio Padrão	1,93	2,18	1,66
Mínimo	7,84	6,55	10,09
Máximo	13,90	13,68	15,03

Tabela 17 - Estatística Descritiva relativa aos Protocolos de Polimento.

	Polimento 1	Polimento 2	Polimento 3	Polimento 4
Média	10,84	9,47	8,80	13,45
Desvio Padrão	0,91	1,25	1,58	1,00
Mínimo	9,16	7,91	6,55	11,85
Máximo	12,14	11,48	11,52	15,03

No Gráfico 3 e Gráfico 4 é possível analisar os valores médios de variação de cor em cada polimento para as diversas resinas compostas e em cada resina composta para os diferentes protocolos de polimento, respetivamente.

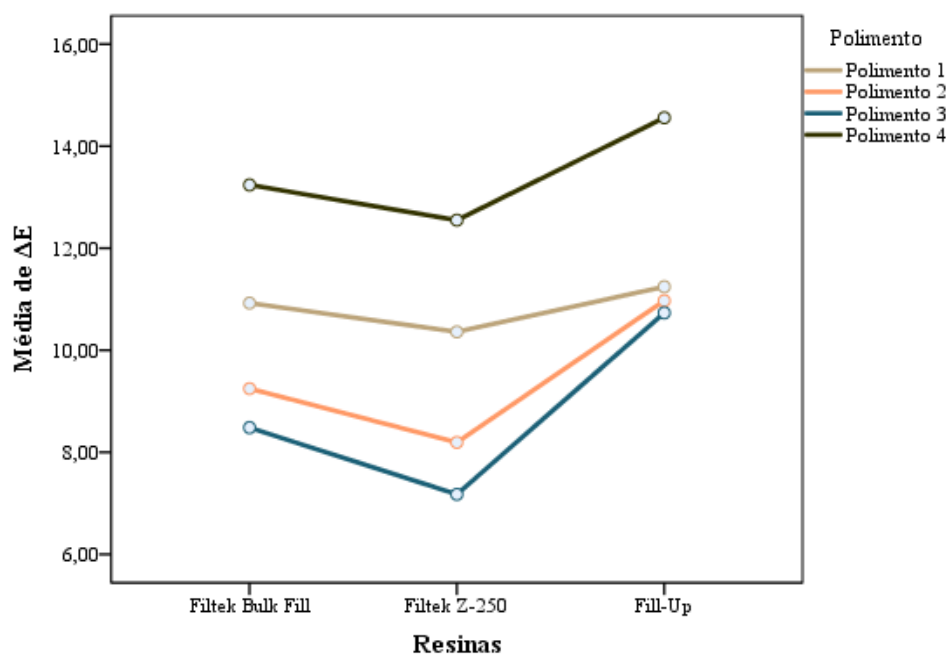


Gráfico 3 - Valores médios da variação da cor (ΔE) nas diferentes resinas e protocolos de polimento.

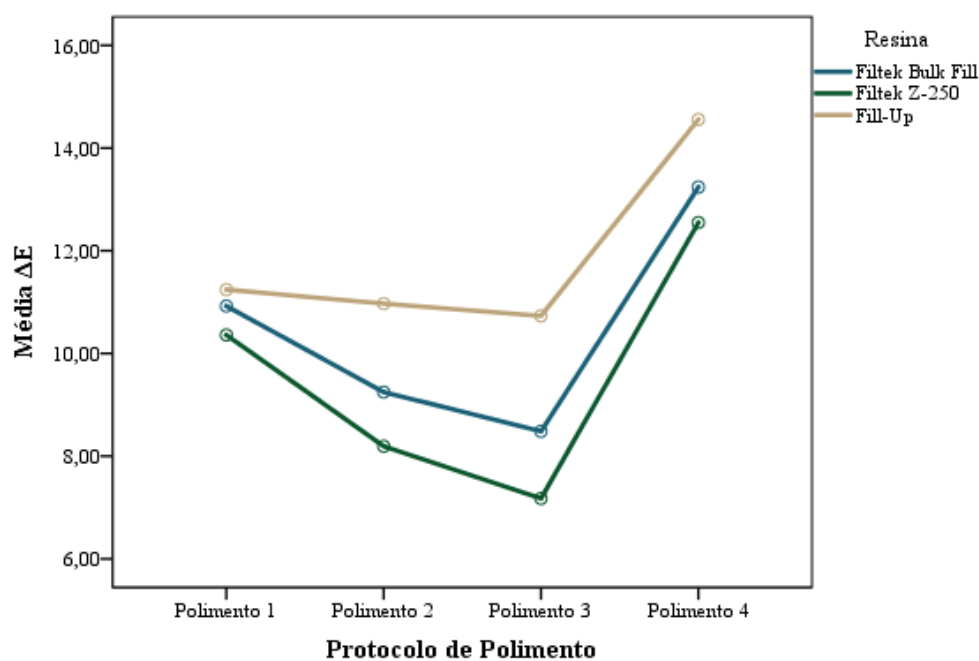


Gráfico 4 - Valores médios da variação da cor (ΔE) nos diversos protocolos de polimento e resinas.

Para cada um dos protocolos de polimento, nas diferentes resinas compostas, foi registrado o valor da média da variação de cor e respetivo desvio padrão (Tabela 18), em que a resina Fill-Up[™] apresenta os valores médios de variação de cor mais elevada.

Tabela 18 - Média (MD) da variação de cor (ΔE) e respetivo desvio padrão ($\pm DP$) dos diferentes grupos.

	Filtek TM Bulk Fill	Filtek TM Z250	Fill-Up TM
	MD \pm DP	MD \pm DP	MD \pm DP
Polimento 1	10,92 \pm 0,49	10,36 \pm 1,07	11,24 \pm 0,80
Polimento 2	9,25 \pm 0,69	8,19 \pm 0,18	10,97 \pm 0,47
Polimento 3	8,48 \pm 0,71	7,18 \pm 0,40	10,73 \pm 0,58
Polimento 4	13,24 \pm 0,58	12,55 \pm 0,62	14,56 \pm 0,40

2.2. COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE ESTABILIDADE DE COR

Para comparar a diferença das médias da variação de cor (ΔE) entre resinas e entre polimentos foi utilizado o teste Anova *one-way*, recorrendo ao teste *post-hoc* de comparação múltipla de médias de Tukey. Para determinar a influência da resina composta e protocolo de polimento na rugosidade de superfície, foi realizado o teste Anova *two-way*. Os testes de Kolmogorov-Smirnov e teste de Levene foram realizados para analisar a normalidade de distribuição e homogeneidade de variâncias, respetivamente. Após a análise do teste de Kolmogorov-Smirnov concluiu-se que o pressuposto da normalidade não era satisfeito, uma vez que $p < 0,001$. O teste de Levene indica que o pressuposto de homogeneidade de variâncias também não estava satisfeito, com $p < 0,001$. No entanto, dado que as distribuições não são extremamente enviesadas ou achatadas e a dimensão da amostra é superior a 30, é possível recorrer a testes paramétricos, apesar da violação do pressuposto da normalidade. Neste caso, o rácio entre a menor variância e a maior variância não é elevado e a dimensão dos grupos não é pequena, considerando-se as estatísticas paramétricas robustas à violação da homogeneidade das variâncias (Maroco, 2007).

Para avaliar se a resina e o protocolo de polimento afetam significativamente a variação de cor recorreu-se ao teste Anova *two way*. A partir da análise do teste é possível concluir que tanto a resina, o polimento, como a interação resina e polimento

apresentam um efeito estatisticamente significativo sobre a variação de cor, em que $p < 0,001$. A dimensão do efeito (η^2_p) foi mais elevada no polimento ($\eta^2_p = 0,891$), depois na resina ($\eta^2_p = 0,699$) e, por fim, na interação entre resina e polimento ($\eta^2_p = 0,309$).

A análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey indica que a diferença entre a média da variação de cor (ΔE) das três resinas é estatisticamente significativa, sendo $p < 0,001$. A resina Filtek™ Z250 é a que apresenta menor variação de cor, seguida da resina Filtek™ Bulk Fill e, por fim, a resina Fill-Up™ (Tabela 19).

Tabela 19 - Médias de variação de cor das diferentes resinas compostas.

Resina	N	1	2	3
Filtek™ Z250	320	9,57		
Filtek™ Bulk Fill	320		10,47	
Fill-Up™	320			11,88

Relativamente à variação de cor de cada um dos polimentos, a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey indica todos os polimentos apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si, sendo $p < 0,001$. O polimento 3 apresentou menor variação de cor, seguido do polimento 2, depois polimento 1 e, por último, o polimento 4 (Tabela 20).

Tabela 20 - Médias da variação de cor dos diversos protocolos de polimento.

Polimento	N	1	2	3	4
Polimento 3	240	8,80			
Polimento 2	240		9,47		
Polimento 1	240			10,84	
Polimento 4	240				13,45

Na resina Filtek™ Bulk Fill, segundo a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey, a média da variação de cor de todos os polimentos apresenta diferenças estatisticamente significativas entre si, sendo $p<0,001$. Nesta resina, os valores mais baixos correspondem ao polimento 3, seguido do polimento 2, polimento 1 e, por fim, polimento 4 (Tabela 21).

Tabela 21 - Médias da variação de cor: Resina Filtek™ Bulk Fill.

Polimento	N	1	2	3	4
Polimento 3	80	8,48			
Polimento 2	80		9,25		
Polimento 1	80			10,92	
Polimento 4	80				13,24

Na resina Filtek™ Z250, de acordo com a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey, existem diferenças estatisticamente significativas na média da variação de cor entre todos os polimentos, sendo o valor de $p<0,001$. Nesta resina, o polimento 3 apresenta valores mais baixos, seguido do polimento 2, depois o polimento 1 e, por fim, o polimento 4 (Tabela 22).

Tabela 22 - Médias da variação de cor: Filtek™ Z250.

Polimento	N	1	2	3	4
Polimento 3	80	7,18			
Polimento 2	80		8,19		
Polimento 1	80			10,36	
Polimento 4	80				12,55

Na resina Fill-Up™, após a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey, conclui-se que a diferença da média da variação de cor entre todos os polimentos é

estatisticamente significativa, sendo $p=0,017$ entre os polimentos 1 e 2, $p=0,050$ entre os polimentos 2 e 3, e $p<0,001$ para os restantes polimentos. O polimento 3 obteve a média variação de cor mais baixa, depois o polimento 2, seguido do polimento 1 e do polimento 4 (Tabela 23).

Tabela 23 - Médias da variação da cor: Fill-Up™.

Polimento	N	1	2	3	4
Polimento 3	80	10,73			
Polimento 2	80		10,97		
Polimento 1	80			11,24	
Polimento 4	80				14,56

Relativamente ao polimento 1, de acordo com a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey, a diferença entre as médias de variação de cor rugosidade entre todas as resinas é estatisticamente significativa, sendo $p=0,042$ entre a resina Filtek™ Bulk Fill e Filtek™ Z250, e $p<0,001$ nas restantes. A média da variação da cor foi mais baixa na resina Filtek™ Z250, seguida da resina Filtek™ Bulk Fill e, por fim, a Fill-Up™ (Tabela 24).

Tabela 24 - Médias da variação de cor: Polimento 1.

Resina	N	1	2	3
Filtek™ Z250	80	10,36		
Filtek™ Bulk Fill	80		10,92	
Fill-Up™	80			11,24

No polimento 2, a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey indica que a diferença das médias da variação de cor é estatisticamente significativa entre todas as resinas, sendo $p<0,001$. A resina Filtek™ Z250 apresenta o valor de média de

variação de cor mais baixo, seguida da resina Filtek™ Bulk Fill e, por fim, Fill-Up™ (Tabela 25).

Tabela 25 - Médias da variação de cor: Polimento 2.

Resina	N	1	2	3
Filtek™ Z250	80	8,19		
Filtek™ Bulk Fill	80		9,25	
Fill-Up™	80			10,97

No polimento 3, a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey indica que a diferença entre a média da variação de cor das diversas resinas é estatisticamente significativa, sendo $p < 0,001$. A resina Filtek™ Z250 apresenta um valor de média de variação de cor mais baixo, seguida da Filtek™ Bulk Fill e Fill-Up™ (Tabela 26).

Tabela 26 - Médias da variação de cor: Polimento 3.

Resina	N	1	2	3
Filtek™ Z250	80	7,18		
Filtek™ Bulk Fill	80		8,48	
Fill-Up™	80			10,73

Por fim, no polimento 4, de acordo com a análise do teste *post-hoc* de comparação múltipla de Tukey, a diferença entre a média da variação de cor entre todas as resinas é estatisticamente significativa, sendo $p < 0,001$. A resina Filtek™ Z250 apresenta o menor valor de média de variação de cor, seguida da resina Filtek™ Bulk Fill e Fill-Up™ (Tabela 27).

Tabela 27 - Médias da variação de cor: Polimento 4.

Resina	N	1	2	3
Filtek™ Z250	80	12,55		
Filtek™ Bulk Fill	80		13,240	
Fill-Up™	80			14,56

A partir da análise do coeficiente de Spearman é possível concluir que ambas as variáveis, rugosidade de superfície e variação de cor, estão associadas, em que $\rho=0,650$, ou seja, para valores mais elevados de rugosidade de superfície estão associados valores mais elevados de variação de cor. O coeficiente de associação é estatisticamente significativo, sendo $p<0,001$.

2.3. VARIAÇÃO DE COR DAS AMOSTRAS

As Figuras 30, 31 e 32 correspondem às amostras das diversas resinas e protocolos de polimento, antes e depois da imersão em solução de café durante 14 dias.

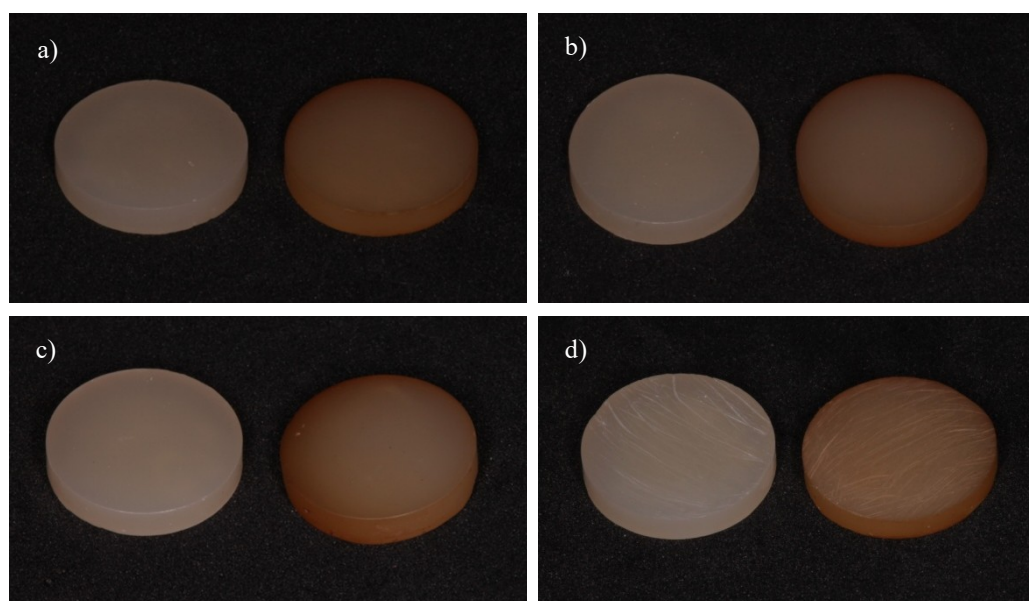


Figura 30 - Resina Filtek™ Bulk Fill: a) Polimento 1, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; b) Polimento 2, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; c) Polimento 3, à esquerda

antes da imersão em café, à direita depois da imersão; d) Polimento 4, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão.

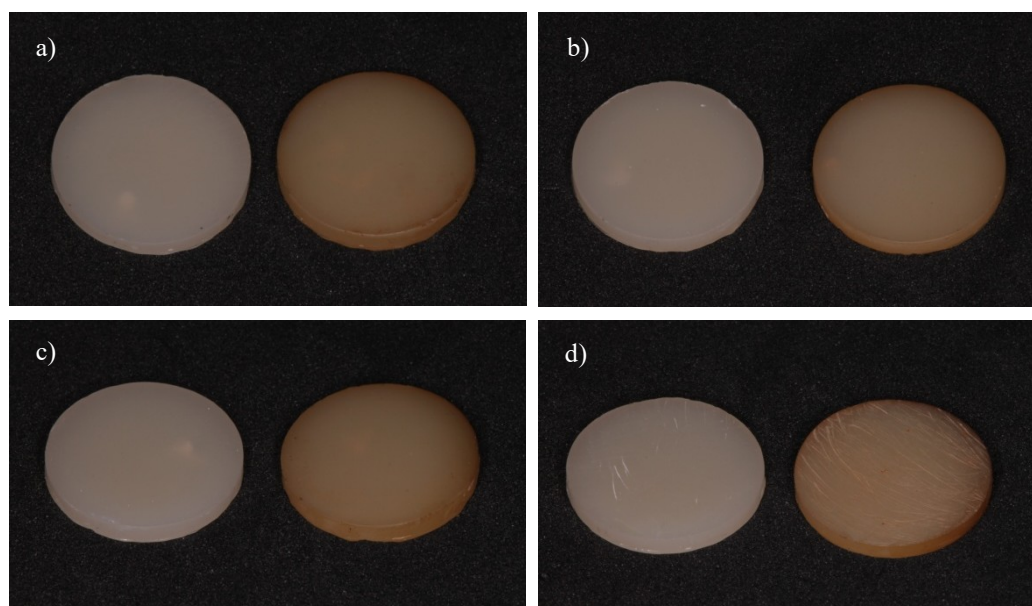


Figura 31 - Resina Filtek™ Z250: a) Polimento 1, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; b) Polimento 2, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; c) Polimento 3, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; d) Polimento 4, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão.

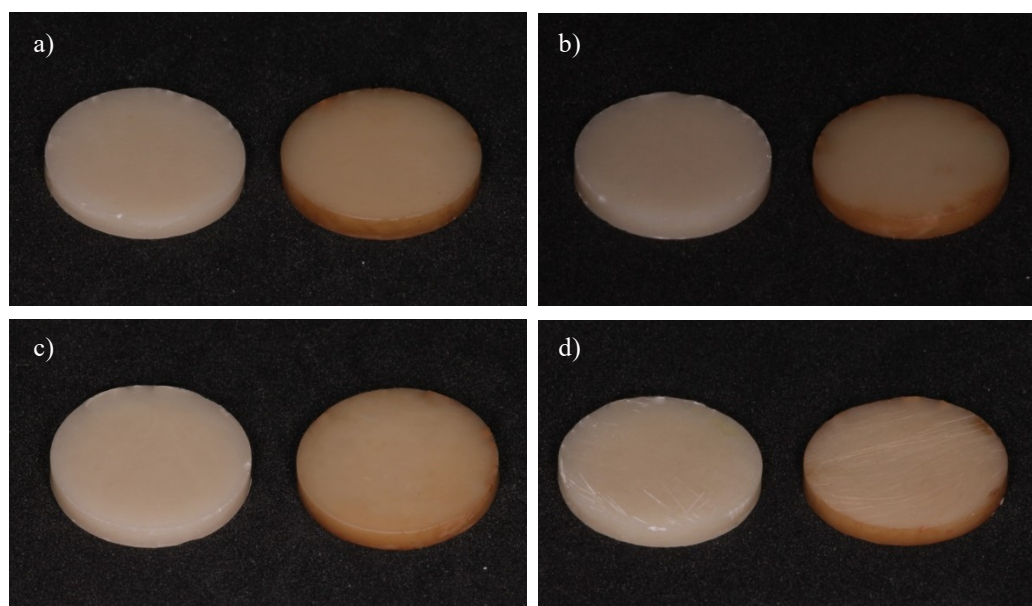


Figura 32 - Resina Fill-Up™: a) Polimento 1, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; b) Polimento 2, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; c) Polimento 3, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão; d) Polimento 4, à esquerda antes da imersão em café, à direita depois da imersão.

Efeito de três protocolos de polimento de superfície na rugosidade e estabilidade de cor de diferentes tipos de resina composta

V. DISCUSSÃO

Nesta investigação foram realizados três protocolos de polimento *multi-step* nas resinas Filtek™ Z250, Filtek™ Bulk Fill e Fill-Up™, tendo sido avaliada a rugosidade de superfície através do microscópio de força atômica e a variação de cor após imersão em café através do espectrofotômetro. Como grupo controlo para cada uma das resinas compostas, foi realizado o acabamento de superfície das amostras com uma broca diamantada.

1. RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE

A rugosidade de superfície associada a um acabamento e polimento inadequados pode resultar num aumento do desgaste e acumulação de placa, comprometendo o desempenho clínico da restauração (Gönülol & Yilmaz, 2012; Ferreira, Souto, Borges, Assunção, & Costa, 2015).

As resinas compostas utilizadas nesta investigação, nomeadamente a resina Filtek™ Bulk Fill e Fill-Up™, correspondem a resinas *bulk-fill*, atualmente com uma utilização crescente em restaurações de dentes posteriores devido às suas vantagens relativas à polimerização de incrementos de maior profundidade e menor tensão associada à contração de polimerização. A resina microhíbrida Filtek™ Z250 foi utilizada como referência e termo de comparação, sendo esta uma resina amplamente utilizada em restaurações de dentes anteriores e posteriores, recorrendo à técnica incremental.

De acordo com a literatura, a capacidade de polimento de uma resina composta está associada ao tamanho das suas partículas de carga (Gedik, Hürmüzlü, Coskun, Bektas, & Özdemir, 2005; Jung, Sehr, & Klimek, 2007; Gönülol & Yilmaz, 2012). A resina composta Filtek™ Z250 apresenta na sua constituição partículas de zircónia e sílica entre 0,01 e 3,5 µm, a Filtek™ Bulk Fill contém nanopartículas de sílica de 20 nm, de zircónia entre 4 a 11 nm e aglomerados de triflureto de itérbio de 100 nm, e a resina Fill-Up™ apresenta partículas de sílica entre 0,1 e 5 µm. Na presente investigação, a resina Filtek™ Z250 apresentou os valores de média de rugosidade de superfície mais baixos, seguida da resina Filtek™ Bulk Fill, sendo que as diferenças entre ambas não foram

estatisticamente significativas. Por fim, a resina Fill-Up™ apresentou os valores de rugosidade de superfície mais elevados. A resina Fill-Up™ corresponde ao compósito com as partículas de carga de maior dimensão, comparada com a Filtek™ Bulk Fill e Filtek™ Z250, que apresentaram menor rugosidade de superfície. Estes resultados estão de acordo com diversos autores que concluíram que as resinas compostas com partículas de carga com menores dimensões apresentam maior brilho e menor rugosidade de superfície, após acabamento e polimento. Quanto menor o tamanho das partículas inorgânicas, menor o espaço entre partículas, maior a proteção da matriz orgânica e o desalojamento das partículas de carga diminui (Janus et al., 2010; Gönülol & Yilmaz, 2012; Can Say et al., 2014).

A resina Filtek™ Bulk Fill e Filtek™ Z250 apresentam um volume de partículas inorgânicas muito próximo, de 58,4% e 60%, respetivamente, enquanto a Fill-Up™ surge com valores de volume de partículas de carga inferiores, de 49%. Os valores de rugosidade de superfície mais baixos obtidos pelas resinas Filtek™ Z250 e Filtek™ Bulk Fill podem também ser justificados pelo volume de partículas de carga mais elevado. Estes resultados são suportados pela literatura, que defende que um maior conteúdo em partículas inorgânicas permite proteger a matriz orgânica, resultando numa superfície menos rugosa (Ergücü & Türkün, 2007; Gonçalves, Teixeira, Rodrigues, de Oliveira, & Salvio, 2012; Can Say et al., 2014).

Relativamente ao conteúdo de partículas de carga, a resina Fill-Up™ apresenta partículas de vidro, o que também pode justificar os valores de rugosidade de superfície mais elevados, uma vez que, de acordo com as investigações realizadas, resinas compostas que continham partículas de vidro, apresentaram maior porosidade, o que se refletia em maior rugosidade de superfície e maior pigmentação (Iazzetti, Burgess, Gardiner, & Ripps, 2000; Ergücü & Türkün, 2007; Gönülol & Yilmaz, 2012).

A diferença de dureza entre a matriz orgânica e as partículas de carga dificulta a obtenção de uma superfície menos rugosa após os procedimentos de acabamento e polimento, uma vez que estes componentes respondem de diferentes formas ao processo de abrasão. Neste processo pode ocorrer a remoção da matriz orgânica, havendo exposição das partículas de carga, o que pode levar a um aumento da rugosidade de superfície (Janus et al., 2010). Desta forma, a micromorfologia das resinas compostas após o processo de polimento depende das propriedades das partículas inorgânicas, tais

como tamanho, como já foi referido, forma e dureza (Gedik et al., 2005; Jung et al., 2007). As investigações realizadas concluem que resinas compostas com partículas inorgânicas com forma esférica apresentaram valores de rugosidade de superfície inferiores relativamente a resinas cujas partículas de carga apresentavam formas irregulares (Can Say et al., 2014).

Existe uma grande variedade de instrumentos e sistemas de acabamento e polimento de resinas compostas descritos na literatura, cujo objetivo é a obtenção de uma superfície menos rugosa. No entanto surgem constantemente no mercado novos sistemas de polimento, sendo necessária a investigação do efeito dos mesmos (Antonson et al., 2011; Gönülol & Yilmaz, 2012).

Na presente investigação foram testados três protocolos de polimento de superfície, todos estes *multi-step*. O Polimento 1 corresponde a um protocolo de dois passos, sendo utilizado o sistema Sof-Lex™ Spirals, com uma espiral de pré-polimento revestida com óxido de alumínio e uma espiral de polimento diamantada. Segundo a literatura, os instrumentos de polimento à base de óxido de alumínio têm vindo a ser utilizados em diversos protocolos de polimento, tendo demonstrado a sua eficiência (Janus et al., 2010; Antonson et al., 2011; Schmitt et al., 2011). Em diversos estudos foram utilizados os discos de óxido de alumínio, no entanto estes têm a desvantagem da sua difícil utilização em restaurações posteriores (Özgünaltay, Yazici, & Görücü, 2003; Türkün & Türkün, 2004; Gedik et al., 2005; Antonson et al., 2011). O sistema Sof-Lex™ Spirals tem a vantagem de se adaptar às diversas superfícies do dente, tendo indicação para se utilizar também em restaurações posteriores. De acordo com a literatura, a qualidade do polimento final de uma restauração depende da flexibilidade do instrumento, da sua geometria e da dureza das partículas impregnadas no mesmo (Türkün & Türkün, 2004). A dureza das partículas de óxido de alumínio é significativamente mais elevada que a maior parte das partículas de carga das resinas compostas, podendo esta diferença justificar uma igual abrasão das partículas inorgânicas e matriz orgânica, o que resulta numa menor rugosidade de superfície (Can Say et al., 2014). No entanto, o Protocolo de Polimento 1, comparado com os outros dois protocolos de polimento, foi o que apresentou valores de rugosidade de superfície mais elevados, sem diferenças estatisticamente significativas com o Polimento 2.

No Polimento 2, foi utilizado o sistema Shape Guard, também de dois passos, com as espirais diamantadas Comprepól Plus, de pré-polimento, e Composhine Plus, de polimento. Este sistema tem a vantagem de se adaptar a todas as superfícies do dente e mantém uma pressão uniforme devido às suas lamelas flexíveis.

No polimento 3, de quatro passos, foi utilizado o sistema Composite Polishing Plus, começando pela taça diamantada de pré-polimento, depois a taça diamantada de polimento, seguida da aplicação da pasta diamantada Intra Oral Diashine[®] com a escova de pêlo de cabra SHP Soft Bristle Brush e, por fim, a escova Brushine, impregnada com partículas de carbeto de silício. Este foi o polimento que apresentou valores de rugosidade de superfície mais baixos, podendo este resultado ser justificado pelo maior número de passos e, conseqüentemente, a um tempo total de polimento superior. Segundo estudos realizados, a utilização de pastas de polimento após a utilização prévia de um sistema de polimento intermédio, permite obter valores de rugosidade de superfície inferiores bem como o aumento do brilho. A utilização da escova impregnada com carbeto de silício como sistema de polimento *one-step* obteve valores de rugosidade mais elevados, no entanto, quando utilizada como componente de protocolos *multi-step*, apresentou melhorias significativas da rugosidade de superfície (Türkün & Türkün, 2004; Gedik et al., 2005; Venturini, Cenci, Demarco, Camacho, & Powers, 2006; Jefferies, 2007; Lainovic et al., 2014; Ferreira et al., 2015). As escovas têm a vantagem de alcançar sulcos, fissuras e região interproximal de restaurações posteriores (Jefferies, 2007).

O acabamento da restauração é necessário para remover o excesso de material e para uma anatomia e contorno da restauração adequados, bem como ajuste oclusal (Gonçalves et al., 2012; Gönülol & Yilmaz, 2012). Os instrumentos diamantados, nomeadamente as brocas diamantadas, são mais apropriados para a realização do contorno da restauração e remoção de excessos devido à sua elevada capacidade de corte (Gönülol & Yilmaz, 2012). Na presente investigação, o grupo controlo (Polimento 4), em que foi realizado acabamento com broca diamantada de grão superfino, apresentou os valores de rugosidade de superfície mais elevados em todas as resinas compostas, demonstrando a necessidade de execução de um protocolo de polimento posterior ao acabamento.

Nesta investigação, os polimentos (Polimento 1, 2 e 3) apresentaram uma rugosidade de superfície média abaixo de $0,2\ \mu\text{m}$, que, segundo a literatura, corresponde ao limite a partir do qual se inicia a acumulação de placa bacteriana (Janus et al., 2010; Tuncer, Demirci, Tiriyaki, Ünlü, & Uysal, 2013). Quando a rugosidade de superfície se encontra entre $0,25$ e $0,5\ \mu\text{m}$, esta pode ser percebida pela língua (Can Say et al., 2014).

A elevada capacidade de resolução do microscópio de força atômica permite a observação bastante precisa da topografia de superfície das resinas compostas (Janus et al., 2010).

Os valores de rugosidade de superfície mais baixos foram obtidos na resina Filtek™ Z250 e Filtek™ Bulk Fill, podendo estes ser relacionados com uma superfície de estrutura mais homogênea, tal como se observa nas imagens a três dimensões das figuras 18 a 20 e 22 a 24. Pelo contrário, na resina Fill-Up™ que apresenta partículas de carga mais volumosas, é possível observar uma superfície bastante heterogênea (Figuras 26 a 28), à qual correspondem valores de rugosidade média mais elevados (Janus et al., 2010). Relativamente aos protocolos de polimento, as imagens a três dimensões correspondentes ao polimento 3 apresentam a superfície mais homogênea (Figuras 20 e 24), exceto na resina Fill-Up™ (Figura 28). O Polimento 4 corresponde a uma imagem mais heterogênea em todas as resinas (Figuras 21, 25 e 29). A observação das imagens a três dimensões permite visualizar diferentes padrões de polimento consoante o sistema de polimento utilizado e resina composta.

2. ESTABILIDADE DE COR

A estética de uma restauração é fortemente influenciada pela sua cor. Segundo estudos realizados, a estabilidade de cor das resinas compostas foi afetada quando estas foram expostas a diversas soluções como vinho tinto, café, chá e sumos de fruta. Nesta investigação foi utilizado o café devido ao seu consumo universal e com elevada frequência, sendo que a imersão durante 14 dias corresponde a um consumo aproximado de café de um ano (Schmitt et al., 2011; Gönülol & Yilmaz, 2012; Alawjali & Lui, 2013; Barakah & Taher, 2014).

Para a medição da cor das resinas compostas foi utilizado o espectrofotómetro, de forma a eliminar a interpretação subjetiva associada à avaliação visual de cores. O sistema de

cor CIE $L^*a^*b^*$ é o método recomendado para aplicação na Medicina Dentária, podendo determinar pequenas variações de cor (Güler, Güler, Yücel, & Ertaş, 2008; Gönülol & Yilmaz, 2012). Antes da avaliação da cor das amostras, estas foram imersas em água destilada, em estufa a 37° durante 24 horas, de forma a simular a reidratação das restaurações quando em meio intraoral, tal como descrito noutros estudos realizados (Güler et al., 2008).

Para variações de cor (ΔE) superiores a 3,3 as alterações são consideradas visualmente perceptíveis e clinicamente inaceitáveis (Gönülol & Yilmaz, 2012). Na presente investigação, todos os grupos apresentaram valores superiores a 3,3, ou seja, valores clinicamente inaceitáveis, resultados suportados por outras investigações (Villalta, Lu, Okte, Garcia-Godoy, & Powers, 2006; Alawjali & Lui, 2013).

A pigmentação de uma resina composta corresponde a um fenómeno que inclui diversos mecanismos, podendo ser causada por fatores intrínsecos ou extrínsecos. Os fatores extrínsecos incluem a adsorção e absorção de corantes provenientes de fontes exógenas.

A resina Filtek™ Z250, que apresentou valores de rugosidade de superfície inferiores, foi a que registou menor variação de cor, enquanto a Fill-Up™, com os valores de rugosidade de superfície mais elevados, foi a que apresentou uma maior variação de cor. Estes resultados são suportados por diversos autores que afirmam que a estrutura da resina composta e as características das partículas inorgânicas influenciam a rugosidade de superfície e suscetibilidade à pigmentação extrínseca (Güler et al., 2008; Gönülol & Yilmaz, 2012; Alawjali & Lui, 2013) e que as superfícies mais rugosas retêm mecanicamente mais pigmento que superfícies com menor rugosidade (Güler et al., 2008; Schmitt et al., 2011; Alawjali & Lui, 2013). De acordo com a investigação realizada, os protocolos de polimento correspondentes a valores de rugosidade de superfície mais elevados, apresentaram também maior variação de cor após exposição ao café, existindo correlação entre a rugosidade de superfície e a variação de cor. O grupo em que foi realizado acabamento com broca diamantada (Protocolo 4) foi o que apresentou valores de rugosidade de superfície e variação de cor mais elevados, concordante com outros estudos realizados (Gönülol & Yilmaz, 2012).

O Polimento 3, que apresentou menor rugosidade de superfície, foi o que apresentou menor variação de cor, seguido do Polimento 2 e, por fim, Polimento 1. Para além da

composição da resina composta, os procedimentos de polimento também influenciam a rugosidade de superfície, e, desta forma, a pigmentação da resina (Güler et al., 2008; Gönülol & Yilmaz, 2012).

A estabilidade de cor de uma resina composta também está relacionada com o tipo de partículas de carga e de matriz orgânica da resina, bem como do tipo de pigmento. As resinas tanto absorvem água como outras substâncias como pigmentos, ocorrendo, desta forma, pigmentação das mesmas. A absorção de água ocorre principalmente a partir da matriz orgânica. As partículas de vidro, presentes em determinados compósitos, não têm a capacidade de absorver água para o interior da resina, no entanto conseguem absorver água para a superfície desta. Assim, a quantidade total de água absorvida depende da matriz orgânica e partículas de carga da resina composta, bem como da ligação entre ambas. O excesso de absorção de água pode comprometer a durabilidade de uma restauração, uma vez que ocorre a expansão da resina composta, hidrólise e formação de microfraturas e falhas, o que permite a penetração de pigmento (Canay & Çehreli, 2003; R. Bagheri, Burrow, & Tyas, 2005; Rafat Bagheri, Tyas, & Burrow, 2007; Awliya, Al-Alwani, Gashmer, & Al-Mandil, 2010; Alawjali & Lui, 2013).

A resina Fill-Up™ foi a que apresentou maior variação de cor, seguida da Filtek™ Bulk Fill e, por fim, a Filtek™ Z250. A resina Fill-Up™ corresponde a uma resina de dupla-polimerização e, de acordo com a literatura, resinas compostas de dupla-polimerização apresentaram valores de variação de cor mais elevados comparativamente a resinas fotopolimerizáveis (Falkensammer et al., 2013).

A maior variação de cor observada na resina Fill-Up™ também pode ser justificada pelo facto de apresentar um maior conteúdo de matriz orgânica do que as outras duas resinas. De acordo com diversos estudos, quanto maior o conteúdo em matéria orgânica, menos resistente será a resina composta à degradação hidrolítica e absorção de água e, conseqüentemente, menor será a sua estabilidade de cor (Choi, Lee, Lim, Rhee, & Yang, 2005; Villalta et al., 2006; Awliya et al., 2010; Alawjali & Lui, 2013). Geralmente, o aumento do conteúdo em partículas de carga nas resinas compostas leva a uma melhoria das propriedades físicas, químicas e mecânicas, tais como a absorção de água, estabilidade de cor e resistência ao desgaste (Güler et al., 2008; Alawjali & Lui, 2013).

A matriz orgânica tem um papel importante na estabilidade de cor das resinas compostas, sendo que a pigmentação é influenciada pelo grau de conversão e características químicas da mesma. Os resultados de variação de cor mais elevados obtidos na resina Fill-Up[™] podem também estar associados à presença do monómero TEGMA, uma vez que, de acordo com a literatura, os compósitos que apresentam TEGMA na sua composição, libertam maior quantidade de monómeros no meio aquoso, quando comparado com o Bis-GMA e UDMA, resultando numa maior alteração de cor. Em diversos estudos, uma maior pigmentação foi obtida em resinas que incluíam TEGMA, que corresponde a um monómero mais hidrofílico. Este apresenta grupos hidrofílicos, como o grupo etoxi, que demonstrou afinidade com as moléculas de água através de pontes de hidrogénio com o oxigénio (Alawjali & Lui, 2013). Desta forma, a presença do monómero TEGMA pode ser responsável por uma maior absorção de água e, consequentemente, de pigmento (Choi et al., 2005; Güler et al., 2008; Gönülol & Yilmaz, 2012). A resina composta Filtek[™] Z250, apesar de também apresentar o monómero TEGMA, grande parte deste foi substituído por UDMA e Bis-EMA, tornando-a num compósito mais hidrofóbico, ou seja, com menor taxa de absorção de água, o que pode explicar o facto de ter maior estabilidade de cor (Güler et al., 2008).

3. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A presente investigação corresponde a um estudo *in vitro*, com as limitações que deste provêm, podendo não apresentar na totalidade as condições presentes em ambiente clínico. A superfície das amostras era plana, enquanto clinicamente as restaurações apresentam uma superfície irregular, com concavidades e convexidades. A aplicação dos sistemas de polimento avaliados pode ser mais difícil de executar clinicamente. Nesta investigação foi utilizada apenas a solução de café, não sendo consideradas outras substâncias a que as restaurações estão expostas no meio oral, e que pode influenciar a variação total de cor. Existem outros fatores que influenciam a variação total de cor e que não são considerados nesta investigação, como a presença de saliva e outros fluidos que diluem os pigmentos, e da escovagem, que afeta a suscetibilidade de pigmentação das resinas.

VI. CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos nesta investigação e perante as suas limitações, é possível concluir que:

- A resina Fill-Up™ apresentou resultados de rugosidade de superfície significativamente mais elevados;
- O polimento com o sistema DIATECH® Composite Polishing Plus, pasta de polimento Intra Oral Diashine® Polishing Compound, escova SHP Soft Bristle Brush e Brushine (Polimento 3) apresentou valores de rugosidade de superfície inferiores;
- O polimento com o sistema Sof-Lex™ Pre-polishing Spiral e Sof-Lex™ Diamond Polishing Spiral (Polimento 1) e o polimento com o sistema DIATECH® Shape Guard Composite Polishing (Polimento 2) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas na rugosidade de superfície obtida;
- A estabilidade de cor varia de acordo com a resina composta e protocolo de polimento utilizado;
- A resina Filtek™ Z250 apresentou menor variação de cor e, portanto, maior estabilidade de cor;
- No Polimento 3 observaram-se valores de variação de cor significativamente inferiores;
- Existe correlação entre a rugosidade de superfície e a variação de cor após imersão em café, sendo que para valores de rugosidade superiores foi observada uma maior variação de cor.

A primeira premissa da hipótese nula deve ser parcialmente rejeitada, uma vez que foram demonstradas diferenças estatisticamente significativas na rugosidade de superfície entre os protocolos de polimento e resinas compostas, exceto entre o Polimento 1 e 2 e entre a resina Filtek™ Bulk Fill e Filtek™ Z250. A segunda premissa deve ser rejeitada, dado que se verificaram diferenças significativas na estabilidade de cor das diversas resinas submetidas aos três protocolos de polimento.

1. RELEVÂNCIA CLÍNICA

As resinas compostas têm sido vastamente utilizadas na Medicina Dentária devido à sua estética e propriedades físicas. Um polimento adequado é essencial para a manutenção da estética da restauração e influencia a sua longevidade. A rugosidade de superfície de uma restauração pode levar à acumulação de placa bacteriana e pigmentação, uma das principais razões para a substituição das mesmas.

Mais recentemente surgiram as resinas *bulk-fill*, que permitem a polimerização de incrementos de maior profundidade em que surge menor tensão associada à contração de polimerização. Estas características são desejáveis em restaurações posteriores, sendo que estas resinas podem ser utilizadas até à superfície da restauração ou como base, e depois recoberta por outra resina. Atualmente existem poucos estudos que avaliem as características destas resinas, nomeadamente os protocolos de polimento mais adequados a estas, a rugosidade de superfície obtida, bem como a sua estabilidade de cor. A partir dos resultados obtidos no presente estudo, é possível sugerir que a resina Fill-Up[™], devido aos valores de rugosidade de superfície e variação de cor elevados, seja utilizada como base recoberta por outra resina.

O médico dentista deve considerar as características das resinas compostas, como o tamanho das partículas inorgânicas, aquando da seleção do protocolo de acabamento e polimento a ser realizado.

No mercado existem diversos protocolos de polimento disponíveis, desde *one-step* até sistemas *multi-step* mais complexos, e surgem constantemente novos produtos, sendo necessários estudos para a avaliação da sua efetividade. É também de grande importância avaliar se protocolos de polimento que requerem mais tempo clínico, se refletem em vantagens ao nível da rugosidade de superfície e estabilidade de cor.

A estabilidade de cor das resinas é fundamental para que estas mantenham a sua estética. Esta pode ser influenciada pela rugosidade de superfície ou pelos componentes das resinas compostas, sendo importante avaliar a estabilidade de cor das diversas resinas.

Deste modo, torna-se relevante avaliar o efeito de diversos protocolos de polimento na rugosidade de superfície e estabilidade de cor de diferentes resinas, nomeadamente resinas *bulk-fill*, de forma a compreender qual o mais efetivo e mais indicado para cada tipo de resina.

2. PERSPETIVAS FUTURAS

As resinas compostas têm sido cada vez mais utilizadas, tanto em restaurações anteriores como posteriores. Na literatura surgem diversos estudos relativos ao efeito de protocolos de polimento, no entanto estes não são conclusivos relativamente a qual o sistema mais efetivo e mais adequado a restaurações posteriores. Relativamente às resinas *bulk-fill*, a literatura sobre protocolos de polimento, rugosidade de superfície e estabilidade de cor é bastante escassa. Desta forma, estudos futuros deveriam abordar temas como:

- Avaliação da rugosidade de superfície de outros sistemas de polimento em diferentes resinas, nomeadamente outras resinas *bulk-fill* que se encontram no mercado;
- Avaliação do efeito da termociclagem na rugosidade de superfície, dureza e estabilidade de cor de diferentes resinas compostas;
- Avaliação do brilho de diferentes resinas compostas submetidas a protocolos de polimento após imersão em soluções que contêm pigmentos;
- Avaliação de diferentes soluções, como vinho, café e refrigerantes, em resinas compostas submetidas a diferentes protocolos de polimento, simulando a escovagem dentária;
- Avaliação da estabilidade de cor de diferentes resinas submetidas a envelhecimento artificial acelerado.

Efeito de três protocolos de polimento de superfície na rugosidade e estabilidade de cor de diferentes tipos de resina composta

VII. BIBLIOGRAFIA

- Abed, Y. A., Sabry, H. A., & Alrobeigy, N. A. (2015). Degree of conversion and surface hardness of bulk-fill composite versus incremental-fill composite. *Tanta Dental Journal*, 12(2), 71–80. doi: 10.1016/j.tdj.2015.01.003
- Alawjali, S. S., & Lui, J. L. (2013). Effect of one-step polishing system on the color stability of nanocomposites. *Journal of Dentistry*, 41(SUPPL. 3), e53–e61. doi: 10.1016/j.jdent.2012.10.008
- Alshali, R. Z., Salim, N. A., Satterthwaite, J. D., & Silikas, N. (2015). Long-term sorption and solubility of bulk-fill and conventional resin-composites in water and artificial saliva. *Journal of Dentistry*, 1–8. doi: 10.1016/j.jdent.2015.10.001
- Alvarez, L., & Siqueiros, J. M. (2010). Scanning Probe Microscopy. *Microscopy: Science, Technology, Applications and Education*, 2, 1302–1309. doi: 10.1007/978-3-662-45240-0
- Alves, L. M. M., Silva, I. P. C., Kunihiro, T. S., Goyatá, F. R., Neto, O. I., & Pereira, V. F. G. C. (2013). Rugosidade e Microscopia de Força Atômica de Resinas Compostas Submetidas a Diferentes Métodos de Polimento. *Polímeros Ciência E Tecnologia*, 23(5), 661–666. doi: 10.4322/polimeros.2013.053
- Antonson, S. A., Yazici, A. R., Kilinc, E., Antonson, D. E., & Hardigan, P. C. (2011). Comparison of different finishing/polishing systems on surface roughness and gloss of resin composites. *Journal of Dentistry*, 39(SUPPL. 1), 9–17. doi: 10.1016/j.jdent.2011.01.006
- Anusavice, K. J., Shen, C., & Rawls, H. R. (2013). *Phillips' Science of Dental Materials* (12^a ed.). Missouri: Elsevier Saunders.
- Awliya, W. Y., Al-Alwani, D. J., Gashmer, E. S., & Al-Mandil, H. B. (2010). The effect of commonly used types of coffee on surface microhardness and color stability of resin-based composite restorations. *Saudi Dental Journal*, 22(4), 177–181. doi: 10.1016/j.sdentj.2010.07.008
- Aykent, F., Yondem, I., Ozyesil, A. G., Gunal, S. K., Avunduk, M. C., & Ozkan, S.

- (2010). Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 103(4), 221–227. doi: 10.1016/S0022-3913(10)60034-0
- Bagheri, R., Burrow, M. F., & Tyas, M. (2005). Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *Journal of Dentistry*, 33(5), 389–398. doi: 10.1016/j.jdent.2004.10.018
- Bagheri, R., Tyas, M. J., & Burrow, M. F. (2007). Subsurface degradation of resin-based composites. *Dental Materials*, 23(8), 944–951. doi: 10.1016/j.dental.2006.06.035
- Barakah, H. M., & Taher, N. M. (2014). Effect of polishing systems on stain susceptibility and surface roughness of nanocomposite resin material. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(3), 1–7. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.12.007
- Can Say, E., Yurdagüven, H., Yaman, B. C., & Özer, F. (2014). Surface roughness and morphology of resin composites polished with two-step polishing systems. *Dental Materials Journal*, 33(3), 332–342. doi: 10.4012/dmj.2013-287
- Canay, Ş., & Çehreli, M. C. (2003). The effect of current bleaching agents on the color of light-polymerized composites in vitro. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 89(5), 474–478. doi: 10.1016/S0022-3913(03)00168-9
- Choi, M., Lee, Y., Lim, B., Rhee, S., & Yang, H.-C. (2005). Changes in surface characteristics of dental resin. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 16, 347–353.
- Dozic, A., Voit, N. F. A., Zwartser, R., Khashayar, G., & Aartman, I. (2010). Color coverage of a newly developed system for color determination and reproduction in dentistry. *Journal of Dentistry*, 38, 50–56. doi: 10.1016/j.jdent.2010.07.004
- Eaton, P., & West, P. (2010). *Atomic Force Microscopy* (1^a ed.). Oxford: Oxford University Press.
- El Feninat, F., Elouatik, S., Ellis, T. H., Sacher, E., & Stangel, I. (2001). Quantitative assessment of surface roughness as measured by AFM: Application to polished human dentin. *Applied Surface Science*, 183(3–4), 205–215. doi: 10.1016/S0169-4332(01)00558-X

- Ergücü, Z., & Türkün, L. S. (2007). Surface roughness of novel resin composites polished with one-step systems. *Operative Dentistry*, 32(2), 185–192. doi: 10.2341/06-56
- Falkensammer, F., Arnetzl, G. V., Wildburger, A., & Freudenthaler, J. (2013). Color stability of different composite resin materials. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 109(6), 378–383. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60323-6
- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite - State of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29–38. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.020
- Ferreira, P. M., Souto, S. H. A., Borges, B. C. D., Assunção, I. V. de, & Costa, G. F. A. da. (2015). Impact of a novel polishing method on the surface roughness and micromorphology of nanofilled and microhybrid composite resins. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria E Cirurgia Maxilofacial*, 56(1), 18–24. doi: 10.1016/j.rpemd.2015.01.002
- Fondriest, J. (2003). Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 23(5), 467–479. doi: 10.1016/j.prosdent.2004.03.015
- Fronza, B. M., Rueggeberg, F. A., Braga, R. R., Mogilevych, B., Soares, L. E. S., Martin, A. A., ... Giannini, M. (2015). Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dental Materials*, 31(12), 1542–1551. doi: 10.1016/j.dental.2015.10.001
- Gedik, R., Hürmüzlü, F., Coskun, A., Bektas, Ö. Ö., & Özdemir, A. K. (2005). Surface roughness of new microhybrid resin-based composites. *The Journal of the American Dental Association*, 136(August), 1106–1112.
- Gonçalves, M. A., Teixeira, V. C. F., Rodrigues, S. S. M. F. G., de Oliveira, R. S. M. F., & Salvio, L. A. (2012). Evaluation of the roughness of composite resins submitted to different surface treatments. *Acta Odontológica Latinoamericana*, 25(1), 89–95.
- Gönülol, N., & Yilmaz, F. (2012). The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *Journal of Dentistry*, 40(SUPPL.2), 64–70. doi:10.1016/j.jdent.2012.07.005

- Güler, A. U., Güler, E., Yücel, A. Ç., & Ertaş, E. (2008). Effects of polishing procedures on color stability of composite resins. *Journal of Applied Oral Science*, 17(2), 108–112.
- Heymann, H. O., Swift, E. J., & Ritter, A. V. (2013). *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry* (6^a ed.). Elsevier.
- Hilton, T. J., Ferracane, J. L., & Broome, J. C. (2013). *Summit's Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach* (4^a ed.). Quintessence Publishing Co, Inc.
- Iazzetti, G., Burgess, J. O., Gardiner, D., & Ripps, A. (2000). Color stability of fluoride-containing restorative materials. *Operative Dentistry*, 25(6), 520–525.
- Janus, J., Fauxpoint, G., Arntz, Y., Pelletier, H., & Etienne, O. (2010). Surface roughness and morphology of three nanocomposites after two different polishing treatments by a multitechnique approach. *Dental Materials*, 26(5), 416–425. doi: 10.1016/j.dental.2009.09.014
- Jefferies, S. R. (2007). Abrasive Finishing and Polishing in Restorative Dentistry: A State-of-the-Art Review. *Dental Clinics of North America*, 51(2), 379–397. doi: 10.1016/j.cden.2006.12.002
- Joiner, A. (2004). Tooth colour: A review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32(SUPPL.), 3–12. doi: 10.1016/j.jdent.2003.10.013
- Jung, M., Sehr, K., & Klimek, J. (2007). Surface texture of four nanofilled and one hybrid composite after finishing. *Operative Dentistry*, 32(1), 45–52. doi: 10.2341/06-9
- Kakaboura, A., Fragouli, M., Rahiotis, C., & Silikas, N. (2007). Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 18(1), 155–163. doi: 10.1007/s10856-006-0675-8
- Kim-Pusateri, S., Brewer, J. D., Davis, E. L., & Wee, A. G. (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(3), 193–199. doi: 10.1016/S0022-3913(09)60028-7
- Lagouvardos, P. E., Fougia, A. G., Diamantopoulou, S. A., & Gregory, L. (2009).

- Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(1), 40–45. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60289-9
- Lainovic, T., Blažić, L., Kukuruzovic, D., Vilotic, M., Ivanišević, A., & Kakaš, D. (2014). Effect of diamond paste finishing on surface topography and roughness of dental nanohybrid composites - AFM analysis. *Procedia Engineering*, 69, 945–951. doi: 10.1016/j.proeng.2014.03.074
- Lee, Y. K. (2007). Influence of scattering/absorption characteristics on the color of resin composites. *Dental Materials*, 23(1), 124–131. doi: 10.1016/j.dental.2006.01.007
- Lee, Y. K., Lu, H., & Powers, J. M. (2005). Measurement of opalescence of resin composites. *Dental Materials*, 21(11), 1068–1074. doi: 10.1016/j.dental.2005.03.015
- Lee, Y. K., & Powers, J. M. (2007). Color changes of resin composites in the reflectance and transmittance modes. *Dental Materials*, 23(3), 259–264. doi: 10.1016/j.dental.2006.01.019
- Lehmann, K. M., Igiel, C., Schmidtman, I., & Scheller, H. (2010). Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of Dentistry*, 38(SUPPL. 2), 65–70. doi: 10.1016/j.jdent.2010.07.006
- Leinfelder, K. F., & Suzuki, S. (1999). In Vitro Wear Device for Determining Posterior Composite Wear. *The Journal of the American Dental Association*, 130(9), 1347–1353. doi: 10.14219/jada.archive.1999.0406
- Leprince, J. G., Palin, W. M., Vanacker, J., Sabbagh, J., Devaux, J., & Leloup, G. (2014). Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *Journal of Dentistry*, 42(8), 1–8. doi: 10.1016/j.jdent.2014.05.009
- Lu, H., Roeder, L. B., Lei, L., & Powers, J. M. (2005). Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 17(2), 102–108.
- Manhart, J., Chen, H. Y., Mehl, A., Weber, K., & Hickel, R. (2001). Marginal quality and microleakage of adhesive class V restorations. *Journal of Dentistry*, 29(2),

123–130. doi: 10.1016/S0300-5712(00)00066-X

Maroco, J. (2007). *Análise Estatística - Com Utilização do SPSS* (3ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo.

Meli, F. (2002). Roughness measurements according to existing standards with a metrology AFM profiler. *3rd Euspen Conference, Eindhoven, The Netherlands*, (May), 533–536.

Opdam, N. J. M., Bronkhorst, E. M., Roeters, J. M., & Loomans, B. A. C. (2007). A retrospective clinical study on longevity of posterior composite and amalgam restorations. *Dental Materials*, 23(1), 2–8. doi: 10.1016/j.dental.2005.11.036

Opdam, N. J. M., Loomans, B. A. C., Roeters, F. J. M., & Bronkhorst, E. M. (2004). Five-year clinical performance of posterior resin composite restorations placed by dental students. *Journal of Dentistry*, 32(5), 379–383. doi: 10.1016/j.jdent.2004.02.005

Özgünaltay, G., Yazici, A. R., & Görücü, J. (2003). Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of new tooth-coloured restoratives. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(2), 218–224. doi: 10.1046/j.1365-2842.2003.01022.x

Palaniappan, S., Bharadwaj, D., Mattar, D. L., Peumans, M., Van Meerbeek, B., & Lambrechts, P. (2011). Nanofilled and microhybrid composite restorations: Five-year clinical wear performances. *Dental Materials*, 27(7), 692–700. doi: 10.1016/j.dental.2011.03.012

Papadogiannis, D., Tolidis, K., Gerasimou, P., Lakes, R., & Papadogiannis, Y. (2015). Viscoelastic properties, creep behavior and degree of conversion of bulk fill composite resins. *Dental Materials*, 31(12), 1533–1541. doi: 10.1016/j.dental.2015.09.022

Park, J. H., Lee, Y. K., & Lim, B. S. (2003). Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 96(6), 402–411. doi: 10.1016/j.prosdent.2006.10.007

Rosatto, C. M. P., Bicalho, A. A., Veríssimo, C., Bragança, G. F., Rodrigues, M. P., Tantbirojn, D., ... Soares, C. J. (2015). Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites

- and incremental filling technique. *Journal of Dentistry*, 43(12), 1519–1528. doi: 10.1016/j.jdent.2015.09.007
- Salerno, M., Giacomelli, L., Derchi, G., Patra, N., & Diaspro, A. (2010). Atomic force microscopy in vitro study of surface roughness and fractal character of a dental restoration composite after air-polishing. *Biomedical Engineering Online*, 9(59), 1–11. doi: 10.1186/1475-925X-9-59
- Schmitt, V. L., Puppini-Rontani, R. M., Naufel, F. S., Nahsan, F. P. S., Sinhoreti, M. A. C., & Baseggio, W. (2011). Effect of the polishing procedures on color stability and surface roughness of composite resins. *ISRN Dentistry*, 2011, 1–6. doi: 10.5402/2011/617672
- Țălu, Ș., Stach, S., Alb, S. F., & Salerno, M. (2015). Multifractal characterization of a dental restorative composite after air-polishing. *Chaos, Solitons and Fractals*, 71, 7–13. doi: 10.1016/j.chaos.2014.11.009
- Tuncer, S., Demirci, M., Tiryaki, M., Ünlü, N., & Uysal, Ö. (2013). The effect of a modeling resin and thermocycling on the surface hardness, roughness, and color of different resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(6), 404–419. doi: 10.1111/jerd.12063
- Türkün, L. S., & Türkün, M. (2004). The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Operative Dentistry*, 29(2), 203–211.
- Van Dijken, J. W. V., & Pallesen, U. (2014). A randomized controlled three year evaluation of “bulk-filled” posterior resin restorations based on stress decreasing resin technology. *Dental Materials*, 30(9), 245–251. doi: 10.1016/j.dental.2014.05.028
- Venturini, D., Cenci, M. S., Demarco, F. F., Camacho, G. B., & Powers, J. M. (2006). Effect of polishing techniques and time on surface roughness, hardness and microleakage of resin composite restorations. *Operative Dentistry*, 31(1), 11–17. doi: 10.2341/04-155
- Villalta, P., Lu, H., Okte, Z., Garcia-Godoy, F., & Powers, J. M. (2006). Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *Journal of*

Prosthetic Dentistry, 95(2), 137–142. doi: 10.1016/j.prosdent.2005.11.019

Yu, B., & Lee, Y. K. (2008). Influence of color parameters of resin composites on their translucency. *Dental Materials*, 24(9), 1236–1242. doi: 10.1016/j.dental.2008.01.016